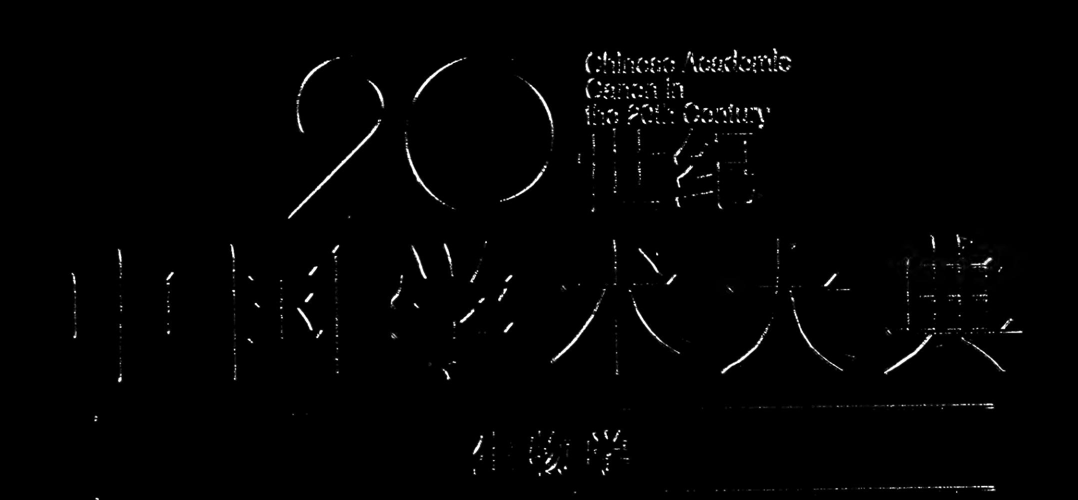


福建教育出版社

20世纪中国学术大典

生物学

主　编　　钱迎倩
副主编　　祁国荣　王亚辉

所图书馆惠存
钱迎倩



福建教育出版社
福州·2004

图书在版编目（CIP）数据

生物学/钱迎倩　　主编．—福州：
福建教育出版社，2004.10
（20世纪中国学术大典）
ISBN 7-5334-3646-6

Ⅰ．生...　Ⅱ．①钱...　　Ⅲ．生物学—
研究—概况—中国　Ⅳ．Q—12

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）第113583号

责任编辑　郑杰　潘健
索引编制并责编　林春森
装帧设计　谢从荣　林小平　张旭良

20世纪中国学术大典
生物学
主　编　钱迎倩
副主编　祁国荣　王亚辉

福建教育出版社出版发行
（福州梦山路27号　邮编：350001
电话：0591—83725592　83726971
传真：83726980　网址：www.fep.com.cn）
利丰雅高印刷（深圳）有限公司印刷
（深圳南山区南光路1号　邮编：518051）

开本787毫米×1092毫米　1/16　印张47.25　字数1065千　插页4
2004年10月第1版　　2004年10月第1次印刷
印数：1—1 300
ISBN 7—5334—3646—6/Z·105　定价：168.00元



如发现本书印装质量问题，影响阅读，
请向出版科（电话：0591—83786692）调换。

《20世纪中国学术大典》顾问委员会

（以姓氏笔画为序）

《20世纪中国学术大典》编纂委员会

《20 世纪中国学术大典》编辑出版工作委员会顾问

（以姓氏笔画为序）

兰书臣　中国人民解放军军事科学院军事百科研究部副部长
朱永康　原福建省教育委员会主任
宋木文　中国出版工作者协会原主席
汪远平　《光明日报》原副总编辑
杨牧之　国家新闻出版署副署长
陈太一　中国工程院院士
林爱枝　福建省新闻出版局原局长
金常政　中国大百科全书出版社原副总编、编审
姚以恩　上海市文史研究馆馆员
侯逸民　中国科学院院刊编审　北京现代管理学院教授
郭荣辉　原福建省教育委员会主任

《20 世纪中国学术大典》编辑出版工作委员会

主　　任：阙国虬
副 主 任：方建云　黄旭（常务）　王亿钦
委　　员：（以姓氏笔画为序）
　　王亿钦　方建云　孙汉生　陈鹰平　林启仁
　　林　健　黄　旭　谢从荣　阙国虬

出版说明

《20世纪中国学术大典》是一部以条目形式总结百年来自然科学、工程技术、社会科学、人文学科领域中国学人学术成果的大型工具书。

《20世纪中国学术大典》按学科分类分卷出版。各卷以学科体系为框架，分学科研究、专题研究、学术事件、学术人物、学术名著名篇、学术机构团体、学术刊物等7类条目。其中学科研究和专题研究为主体内容，占各卷的主要篇幅。

1994年7月，我社初步提出《20世纪中国学术大典》的出版构想，后曾多次向中国科学院、中国社会科学院、北京大学、清华大学等学术机构和高等学府的有关专家咨询，并召开多次座谈会，对选题的意义和价值进行论证和评估，得到学界权威人士的充分肯定。1996年开始制订编纂计划，完成总体框架设计，并开始向权威专家组稿。同年，新闻出版署将本书列入国家“九五”重点图书出版规划。

《20世纪中国学术大典》的编纂出版，是一项前无古人的工作。它有别于百科全书、学术史和学术年鉴。本《大典》以百科辞书的体例，构成一部独特的学术“世纪鉴”，实为一种崭新的探索。这一探索本身虽然不是学术研究，而是学术总结，但必须保持高尚的学术品位；必须尊重历史，推进科学发展，传播真知，批判伪科学和谬误。为了避免门户之见，本《大典》对涉及各学科、流派之间的争论，只要有学术创新，均兼收并蓄。

经过八年的不懈努力，《20世纪中国学术大典》这一跨世纪的大型丛书终于问世。以一家地方专业出版社之力，不畏风险，克服困难，完成如此巨大的出版工程，端赖社会各界特别是学术界的鼎力相助，特别是中国大百科全书出版社原副总编辑金常政先生，对这一大型丛书的总体框架设计提出过许多指导性的建议。在本书出版之际，我们谨向有关国家机关、学术机构和众多作者深表谢忱，并恳望得到读者的批评意见，以利修订再版。

福建教育出版社
2001年12月

序　一

季羡林

世界文明古国，决不止中华一家，而文明兴旺发达垂五千年而未尝中断者，我中华实系只此一家。这恐怕是天下之公言，决非我一个人夜郎自大之私言。

其原因何在呢？

统而言之，原因不出两端：一内因，一外因。常言道，内因是变化的基础或根据，外因是变化的条件。二者相辅相成，缺一不可，密切联系，互为主次。

什么是中国文明的内因呢？我认为，内因表现得最突出之所在就在中国文明的特点上。多少年来，我自己虽不是哲学家，而且还最不敢喜欢哲学，但好胡思乱想，再加上一些个人的观察与体会，我发现：中国或东方文明的根基是综合的思维模式，再说得具体一点就是“整体概念，普遍联系”。而西方文明的根基是分析的思维模式，说得通俗一点，就是“头痛医头，脚痛医脚”。从总体上来看，二者是对立的，运用得当，则还能起互补作用。天下没有绝对纯的事物，所谓综合与分析，并不是说综合中没有分析，分析中没有综合；但从宏观上来看，东方综合而西方分析，是无法否认的。这个看法，有人赞成，有人反对。但是尽管有人反对，我仍深信不疑。

这只是讲中国文化或文明的根基，具体表现亦有可得而言者。我个人觉得，中国文化的特点可以归纳如下：唯求实用，不尚玄虚，貌似浅显，实亦邃密，整体思考，枝叶兼及，允执厥中，不务偏激。最大的特点还在有极大的包容性。大海能纳百川，所以才成其为大。古人说：“有容乃大”，说的也是这个道理。还有一点，也是颇为值得一提的。中华民族，特别是占人口绝大多数的汉族，对宗教信仰的需要极为淡薄，正式信教者不多，即使信了某一个宗教，也没有宗教偏执狂，有时甚至儒、释、道三教都信，而实际上是什么都信之不深，不陷入其中，中国历史上从来没有真正的宗教战争，就是一个最好的例证。这样有什么好处呢？好处极大，它决不阻碍外来文化的输入，因为，历史事实证明，外来文化往往随外来宗教而入，宗教与文化是孪生兄弟。中国历史上两次最重要最有影响的外来文化输入，都是伴随宗教而来的，铁证如山，无可否认。

写到这里，我必须谈一谈外来文化输入的重大意义了。用不着是真正的科学

家，就是普通老百姓，也都知道一个平凡的真理：近亲繁殖，不利于后代的成长。造化小儿好像是有意制订了一条规律，天地间，包括人类在内的动植物，大多忌讳近亲繁殖。必须不断有新的基因，新的血液输入，后代才能健康地发展。否则就会退化，就会萎缩。人类兄妹不能结婚，看似伦理，实为生理。这些都属于常识一类，用不着多加阐释。在过去，有些地方，有些人，连同姓结婚都忌讳。“五百年前是一家”的说法在起着作用。

人类文化，虽然不是生物，但却与生物有些类似之处，文化也有一个诞生、成长、衰退、消逝的过程。因此，它也受到了上述生物规律的制约。当代英国历史学家汤因比在他的巨著《历史研究》中就明确无误地阐明了这个观点。尽管书中有一些细节，我们不一定能完全同意，但是，总体来看，他的理论是能够成立的，原因是符合历史发展的事实。在他列举的人类从有史以来已有的二十几种文明——他有时候称之为“社会”，有时候称之为“文化”——中，有的已经消逝得无影无踪，有的仍然存在。其原因汤因比有自己的看法和解释，我无法一一列举。总体来看，我在上面提到的那一条生物发展的规律在起了或者起着作用。这一点他说得并不明确。明确归纳像我上面说的那样，我是始创者。对了，不敢掠美；错了，不能辞其咎。

画龙点睛，现在我要回答在本文开头时提出来的那一个问题了：中华文化之所以能连绵五千年而未尝中断的原因是，内因是有“有容乃大”的特点，外因是有外来文化，外来的新鲜血液的输入。外来文化的输入，如涓涓细流，随时流入，而规模巨大、延续的时间特别长的输入，在中国共有两次，一次是佛教伴随着印度文化的输入，一次是天主教和耶稣教伴随着西方文化的输入。这两次外来文化的输入相距一千多年，其影响一直到今天还没有终结。中华文化之所以能够辉煌数千年而不少衰，根本原因就在这里。对于这两次文化的输入，怎样评价也不会是过高的。人们能够想像，如果没有这两次新鲜血液的输入今天中国文化会是什么样子吗？

尼泊尔和印度佛教输入中国，其影响之既深且远，皎如朗月，无人不知。其影响方面之广，实为空前。举凡哲学、宗教、文学、语言、音乐、绘画、建筑、雕塑、风俗、习惯，甚至天文、地理、科学、技术，以及鸟、兽、虫、鱼、水果、蔬菜，等等，简直是无孔不入，中国都受到了印度的影响。(当然，中国也有相应的回报，只因印度是一个缺乏历史学的国家，中国对印度的影响，至今还多隐而不彰，有待于我们进一步去探讨、挖掘。)一直到今天，中国各名山胜地之琳宫梵宇、古刹宝塔，还能依稀反映出昔日辉煌。中国人民的信仰中至今还杂有印度佛教成分，这也是人所共知的事实。因为本文的重点是想谈中国历史上第二次的文化大输血，谈西方文化进入中国的情况，佛教影响就不再谈下去了。

我在上面曾提到过，中国历史上两次巨大的外来文化的输入，相距一千多年，我指的是明末清初西方文化随天主教而传入中国的事实。实际上，中国与欧洲之交通早已开始。蒙昧远古，姑且不谈。公元前2世纪汉武帝时已经有历史记载。(参阅张星烺《中西交通史料汇编》第一册，“中国与欧洲之交通”）从那以后直至公元17世纪一千多年的时间内接触时断时续，时强时弱；但一直没有完全断绝。在这个期间，欧洲文化传入中国，中国文化输入欧洲，双方互助互利，等于双方彼此相互输入新鲜血液，双方文化得以昌明，这是世界历史上的大事，应该大书特书的。

谈欧洲文化输入中国，虽然是本文的重点，但是重点中还有重点，就是20世纪欧洲文化的输入。本《大典》的目的是叙述和总结20世纪中国学术发展的，为什么离开本题去谈欧洲或西方（后来又加上了美国，美国文化实为欧洲文化的分支或发展）文化的输入呢？其中道理并不深奥，而是有目共睹的。离开了西方文化的影响而侈谈20世纪的中国学术发展，其中既包含人文社会科学，也包含自然科学和技术，是不会搔到痒处的。在这里也有一个内因与外因的关系问题。内因是中国本土几千年学术的发展，外因就是西方文化的输入。谈论20世纪中国学术的发展，二者必须兼顾，缺一不可。

今世之谈文化交流者多有这样的看法：一种陌生文化进入本土时，往往要经过四个阶段：进入，碰撞，适应，融合。证之以佛教传入中国之情况，这种看法是正确的。佛教无父无君，又不能传宗接代，这大大有悖于中国的伦理道德，大碰撞是必然的。佛教方面先做了自我调整或者伪装。儒家讲“不孝有三，无后为大”。佛经的翻译者在最初译经时改篡原文，突出强调一个“孝”字。中国方面一些虔诚的佛教徒，也想方设法为之涂饰。这种适应终于得到了报偿，佛教于是逐渐在中国立定了脚跟。这种从适应到融合的过程往往长达几百年。到了唐代，韩愈还在信佛的皇帝面前，大揭佛教的老底，其斗争之激烈可以想见。天主教带着西方的科技知识入华，也有一个同佛教相似的过程。但是，西方的天文、历算等的水平远远超过中国，清初康熙皇帝为之心折。中国钦天监的官员不服气，但是，事实胜雄辩，他对日食计算得不准确，而西方人准确，在事实面前，他不得不低了头。因此，我们可以说，在碰撞方面，西方自然科学传入中国，中国抵抗力极其微弱，从而碰撞也极其微弱，简直是微不足道了。

对于19世纪西方文化传入中国的情况应当多说上几句，特别是中、西、日三方面错综复杂的关系，更应说清楚，否则下面的文章就不容易作。此时，西方的工业革命仍在进行，殖民扩张仍是不遗余力。而中国的一些先进的知识分子，比如魏源、林则徐等等，也痛感有认识世界之必要。于是，西学东渐，两厢情愿。东渐的道路，大体上有以下四途：一、西方传教士；二、西方军事和科技人才，医

生；三、中国先进知识分子；四、中国派驻西方的使节。

西方传教士，使用传统的办法，倚仗一技之长，藉以传教。他们编写了一些英华字典，最早的有马礼逊（R. Morrison）的*A Dictionary of Chinese Language*(1822)，以后还有几本。我猜想，其目的是供西方人学习华语之用。这些字典在日本都有和刻本，有的甚至再版数次，对日本学习西方文化有一定的影响。

晚清时代，重视军队的建设，努力向西方学习，许多省份的武备学堂或者讲武堂间有聘请西方军官来华任教者。至于科技人才和医生，亦间有见诸记载者，大概人数极少。废科举建学堂以后聘有一些西方的教员。这恐怕已经是20世纪初的事情了。

中国先进的知识分子，19世纪中叶可以魏源、林则徐为代表，晚清则有王韬等等。他们渴望了解西方。派留学生则是19世纪后期的事，容闳等是大家都熟悉的。

至于中国派遣驻西方使节，也多是19世纪下半叶的事。其中最有名的有曾纪泽、郭嵩焘、薛福成等等。今天读他们的使外日记或旅行记，对我们仍有很大的启发。他们对驻在国的经济、政治情况，十分重视。他们更重视西方的工业和科技，有很多参观工厂的记录，都十分细致、精确。这种情况，我们今天的外交官还应该认真学习的。

虽有以上四个方面，但是我认为，效果并不显著。根本原因是，当时的政府已腐败透顶，什么良药都失去了作用。但也不是一点影响都没有。原来是从天子以至于庶人，几乎都患了夜郎自大狂，不承认西方有什么好东西。后来挨了几顿痛打，头脑清醒了一点，却仍然不彻底服输。于是"师夷长技以制夷"、"中学为体，西学为用"等一系列的说法应运而生。到了更晚的时期，就产生了"西方物质文明，东方精神文明"的说法，聊以自慰，不思上进，迹近阿Q精神了。

现在我就专门来讲20世纪中国学术的发展与西方文化传入中国的问题。到了此时，西方的坚船利炮，已经把中国皇帝和官员吓掉了魂，西方殖民主义气焰万丈。在政治上和军事上，中国毫无还手之力。在学术上和文化上，中国也是毫无还手之力。再用"碰撞"这个词儿，我认为已经十分勉强。一方咄咄逼人，一方节节退让，束手无策，哪里还有什么"碰撞"呢？常识告诉我们，只有在双方势均力敌的条件下，才能谈到"碰撞"。据我的估计，19世纪末大清帝国还在苟延残喘的时候，中西学术对比的情况就是这样。中国方面只有接受而没有什么"碰撞"了。

那么，西方学术是否就快马加鞭长驱直入了呢？也不是的。在这里，我想进行一点细致的分析。

我想从中西文化关系——我不用"碰撞"这个词儿——这个角度上把20世纪

的中国学术的发展分为下列五个阶段：

一　世纪初到五四运动前夕，约为1900年～1917年

二　“五四”运动十几年，约1917年～1930年

三　1930年～1949年

四　1949年～1978年改革开放

五　改革开放至世纪末，约有20年

下面我分别来谈一下。

第一阶段

在这一阶段中，西方文化传入中国，路线有两条：一直接，一间接。前者微弱，而后者则极强大；前者弱不成军，后者则是一支强大的集团军。二者力量悬殊，根本谈不上势均力敌。前者的源头主要是英国，后者的媒介则是日本。

直接路线的代表人物或者主帅是严复。严复赴英国留学，本来学的是海军。但是，回国以后，清朝廷腐败已极，严复空怀报国之心，却是英雄无用武之地，遂退而从事译述工作，将英国的古典经济学、政治学、社会学、逻辑，以及达尔文的进化论等等，都比较忠实谨严地介绍到中国来。其中《天演论》一书产生的影响特别巨大，至深且远，大家都承认，鲁迅本人就受其影响。严复还有一个“同志”，就是林纾。林本人不通西方语言，靠与别人合作，别人口译，林执笔为文，就用这种方式，他翻译了大量西方文学，不限于英国，美国、法国等都在内。他的译文对中国文艺界产生了不亚于进化论的巨大影响，成为中国文坛上的一个奇迹。此外还有极少数介绍西方文学艺术哲学思想的学者，其影响相对地说不可同日而语了。

上面说到间接路线是通过日本。在约有两千年的中日交往中，双方互相学习，受益良多。在中华文化鼎盛时期的唐代，日本大量地接受了中国文化。然而世事变化的规律是“三十年河西，三十年河东”。到了清代后叶，中国文化走向衰落，而日本则逐渐走向繁荣。1868年，日本明治维新开始，大力向西方学习，结果是政治统一，经济繁荣，文化发展，教育兴盛。到了19世纪末20世纪初，日本已经大步地走在中国前面，巍然屹立于世界民族之林中，中国在文化、教育、科学、技术方面反而要向日本学习了。

在政治方面，日本一方面侵略中国，一方面又庇护反清排满的中国革命。孙中山，虽然主要活动在南方港澳以及美英等国，但也多次到日本，兴中会和同盟会都同日本有联系。黄兴的根据地就在日本。此外还有很多反清的英雄，都在日本住过。日本对中国辛亥革命的成功起过很大的作用。没有日本的协助——这一协助当然也是有目的的，辛亥革命怎样成功，实在还真是一个问题。

我的重点是讲学术文化，在这方面要讲得详细一点。20世纪初中国学术界的大师，有的是土生土长的不大接受西方的影响，因而成就有限。最著名的几位大师，比如章炳麟、梁启超、王国维、罗振玉等等，都是中西兼通的，而西方的学术文化，他们多是在日本通过日文的译述学习到的。王静庵先生也通英文，但是，根据他所处的环境来看，他必仍以日文为主。太炎先生虽居东瀛，从事革命活动，但仍不忘书生本色，在东京讲授《说文》，弟子中颇有后来有极大影响的学者和文学家，比如鲁迅、黄侃、钱玄同等等。这些人产生影响大多是在第二阶段中，也就是五四运动时期。我想在这里说一句：第一阶段和第二阶段，时代划分上不得不尔；然而，学者们发生影响，则决不受这个划分的限制。上述诸大师，其影响至今犹在，有些人在中国学术史上，将会是永在的。话再回到本题：这些大师之所以有成就，因为他们肯于和善于吸收西方文化，而吸收的途径则是通过日本的媒介。

我再附带说上几句：我在上列大师中没有写上康有为的名字。原因是，我从来不认为康有为是一个真正的学者。说好了，可以称他为思想家；说不好，只能称他为“政客”。他的那一套学术，等于泡沫，到了今天还有什么人会提到他对20世纪中国学术的贡献呢？这也许是稍有偏见，但是既然这样想，我就只能这样说了。

我在上面谈了在第一阶段中中国吸收西方文化学术，主要是从几位大师谈起的。这个事实是无法否认的。但是日本的影响决不止于这一些。从平常我们不大注意的一些地方，背后也隐藏着日本的影响，比如中国现在通用的学科的名称，哲学、物理学、化学等等，连“科学”这个词儿本身也是日本的产物。好多学问，中国古代是有的，但并没有形成体系，中国人不认为它们可以单独成为学科的。这些学科在西方从古希腊罗马以来逐渐形成为独立的学术体系，有了专门的名称。日本先学了过去，使用中国的汉字命名，遂成为独立的学科。到了清末，由中国学人从日本传了进来。人们只要对比一下北京大学的前身或者北京大学初期课程表中的许多学科的名称和今天通用的名称有同有异，探讨其间的差别和变化，便可以恍然于心了。此外，无论是社会科学，还是自然科学，使用的术语中，也有大量的转抄自日本。

我还想说几句看似题外实为题内的话，这就是日本的西化问题同中国的西化问题的比较。中国的西化，时间并不短，中国学人认识世界或者试图认识世界，也早于日本。清代魏源的巨著《海国图志》出版于鸦片战争前后。这一部书参与者之一就是林则徐。在当时中国的环境下，能写出这样一部书，不能不谓之奇迹。然而它在中国起的作用并不大，而在日本则极大。有人甚至说，这一部书与明治维新也有关联。结果是，日本大规模的西化早于中国，而且取得了辉煌的成绩。我

有一些日本朋友，我也曾数次访问日本，我的印象是：日本人把西方文化同本国的传统文化，包括宗教信仰、风俗习惯、伦理道德等融合得十分成功。新的学到，旧的没丢，达到了水平相当高的和谐。虽然眼前出了一些“离经叛道”的青年，日本人，特别是老年人，在惊诧之余，把他们称之为“新人类”，但似乎并无伤大雅。

最后我还要加上一点“多余的话”。清朝末年，中国学人大量涌入日本，学习各种各样的技术学问，大多数是日本向西方学习的产物。这些技术学问中不可避免地会搀杂上日本本土的东西。因此，据我个人的揣测，中国人间接学习到的西方文化，不可能是地地道道的西方文化。这个问题过去没见有什么人研究过，似乎应当补上这一课。

第二阶段

我的标题为“五四运动十几年”，这只是一个极其笼统的说法。“五四”运动影响深远，什么时候结束，谁也说不清楚。

从西方文化传入中国这个角度来看，这一阶段的情况相当错综复杂，叙述起来有一定的难度。我想先从这个运动的两个主要发动人胡适和陈独秀谈起。胡适是留美学生，美国哲学家杜威的高足，带回中国来的是杜威的实验主义，与日本是不沾边的。他首先举起了反对文言文，提倡白话文的大旗，提倡文学革命。陈独秀，就其学习背景来看，是属于日本派的。众所周知，他的功绩首先在输入马克思主义。马克思主义传入中国，无论从哪一个方面来看，都是一件大事，在五四运动中当然也是意义巨大影响深远的大事。从产生的根源来看，马克思主义纯属西方文化的范畴，专就胡陈二人来谈，胡适始终不赞成马克思主义，因为它与胡所服膺的美国哲学和政治思想不能相容。而陈独秀则终生信仰马克思主义。至于什么“托陈派”的说法，是受了苏联斯大林主义的影响，可以说是无稽之谈。

“五四”运动所标榜的德先生（民主）和赛先生（科学）则都是不折不扣的西方玩意儿。

我现在专门谈一谈我个人对马克思主义传入中国的一点看法。毛泽东说：“十月革命一声炮响，给我们送来了马克思列宁主义。”一方面，他是强调俄国十月革命对中国革命的重要影响；但是，我认为，其中也蕴含着马克思主义不是直接从德国传到中国来的，而是经过了苏联的媒介。实际上，马克思主义传入中国远早于十月革命。从19世纪末到“五四”运动前，中国已经有不少的人介绍了马克思主义。许多介绍马恩的思想和事迹的文章见诸报刊。这些介绍者大都是国民党早期的创始人，比如朱执信、廖仲恺、马君武、胡汉民、戴季陶、李石岑、吴稚晖等等。如果我们分析一下上述诸人的生平事迹和思想来源，就不难发现，其中有日本的影响。在这些人中，马君武与德国有联系，李石岑后来与法国有联系，其

余的人大都是在日本影响下学习和成长的。他们对马克思主义的知识，恐怕也多通过日本的媒介。

第一部《共产党宣言》的汉译本，是陈望道从日本转译的，虽然也参考了英译本。我不知道，最初中国的马克思主义者读的是什么文字的《共产党宣言》等书，但有很大可能就是日文。中国共产党的创始人陈独秀和李大钊都是日本留学生，他们学习马克思主义最初肯定是通过日文的。稍晚一点，共产党的领导人瞿秋白、李立三、王明等，大概是能阅读俄文译文的。到了20年代末30年代初，鲁迅等介绍无产阶级文艺理论——当时称之为"普罗文学"——仍然是间接通过日文译的俄文著作。据说，日本译者俄文水平不够高，对俄文原著了解得马马虎虎，因而日译文佶屈聱牙，鲁迅的译文当然也不会通畅的，结果产生了一场"直译"、"意译"、"硬译"的大辩论，文坛一时闹得沸沸扬扬。我再补上一句后话：到了解放后，中共中央翻译局的一位领导同志还对我说，他们的《马克思恩格斯全集》的译文是根据俄文转译的，不是根据德文和英文原文。他义形于色地说："俄文译文比原文更可靠!"我真是大吃一惊，真是闻所未闻。可见当时"一边倒"究竟"倒"到了什么程度。

闲言少叙，书归正传，还是来谈我们的"五四"时期。我想从以下几个方面来说，首先是留学生情况或者留学途径。西方文化传入中国，途径颇多，其中留学生占的比重颇高，这一点我在上面已经稍有涉及。他们是"拿来主义"的主要执行者。他们去学习的国家主要是文化先进科技发达的国家，比如欧洲的英、德、法等国，太平洋对岸的美国，还有东方的日本。出国途径，除了个别的官僚和富商子女外，主要是两条：一是清华留美预备学堂，一是留法勤工俭学。前者先在国内招收十几岁的中小学生，入清华学习几年中学课程，主要是英语，毕业后派赴美国，学习科目文理法农工商医都有，在美国大学中获得学位后回国。这个制度延续了二十来年，时间长，人数多，很出了些有名的人物，例如胡适等，对中国科学文化的发展有极深远的影响。到法国去勤工俭学，规模不是太大，也不像清华那样正规，当然也出了不少人才。最突出的一点是出了一些共产党领导人，像周恩来、邓小平等都是。这两条途径，对中国引进西方文化，都起了重要作用。

其次，我想谈一谈"五四"时期的文学团体。规模和影响都最大的是文学研究会，主要人物有茅盾、郑振铎、叶圣陶（绍钧）、夏丏尊、朱自清、俞平伯、许地山等人，鲁迅也应该归入这一派，巴金亦然。他们的宗旨是"为人生而文学"，倾向于现实主义。《小说月报》是他们的同仁刊物。可以说是他们的对立面的是创造社，创办人包括郭沫若、郁达夫、成仿吾等等，用一个现成的名词来概括，他们接近浪漫主义，特点是主要成员几乎都是留日的学生。以上两个文学团体，奠定了中国新文学的基础。在西方，19世纪德国的歌德首先提出了"世界文学"这

个概念。据我个人的理解，在文学创作方面，全世界各国人民不可能有统一的思想感情，也就是说，文学作品内容可以因民族的不同而异。真讲到世界统一，只能表现在形式方面。事实上也正是这样。这最明显地表现在长篇小说、短篇小说和戏剧方面。散文形式多样，无从表现，诗歌亦然。仅以中国、印度、日本等东方国家而论，新的小说和戏剧，在形式上都被西方的小说和戏剧所统一。从鲁迅起，一直到茅盾和巴金，他们的小说在形式上同欧洲毫无区别。在中国流传了几百年的章回体不见了。中国旧小说叙事一般都是原原本本，而西方则不这样，往往从中间插上一杠子，然后再追述或补述。在戏剧方面也完全采用了西方的形式。“五四”时期，易卜生的戏剧不但在思想方面有深远影响，在形式上也统一了中国的戏剧创作，一直到今天，始终未变。试问曹禺的剧本在形式上同易卜生有什么不同？同元剧又有什么相同？西方文学在形式上统一了世界，成了“世界文学”。东方国家进入“世界文学”这个领域，时间有先后的不同。印度和日本都早于中国。

我在这里还必须补述一下《学衡》杂志的情况。这个杂志是清华留美学生吴宓创办的。他在美国师从白璧德，学习比较文学。白在美国以宣扬人文主义著称，是属于保守派的。吴回国后就邀集志同道合者，创办了《学衡》，这是一个综合性的刊物，不限于文学。它最突出的特点就是反对白话文，可谓逆当时的潮流而动的，因而遭到了鲁迅等人的严厉的批判。影响是有的，但不是太大。这个杂志与日本无关，可以说是一个打着白璧德美国招牌，企图在中国复古的一个尝试。按时间顺序，这个杂志主要应归入第三阶段。

再次，我想谈一谈“五四”运动大本营的北京大学的情况。马克思主义传入中国的过程，我上面已经谈过了，这里不再重复。北大校长蔡元培是一位人品道德学问都极高的人物，办学极有远见，他的一些想法和做法，至今依然光辉闪耀。特别是他那种“兼容并包”的精神，更令人钦佩不置。世界各国古今学术史都证明了一个事实，只有真正的而不是口头上的“百家争鸣”，才能使学术兴隆发达。蔡元培真正是言行一致的。他聘请教员，不讲资历和学术见解，只要能持之有故，言之成理，他一律延聘。极端激进的和极端保守的，一视同仁。共产主义者和复古主义者，都能在北大讲坛上有一席之地。辜鸿铭这个人物以怪著称，他受的完全是英国式的教育，著作不多，著作中洋味更少，在当时以及后来，他的影响都不大，最近几年又多有人提起。梁漱溟当时年纪不大，他那一本《东西文化及其哲学》则影响不小。真正参加发起五四运动的骨干是一批年轻人，比如傅斯年、罗家伦等。顾颉刚又以《古史辨》一书名震遐迩。钱玄同自称“疑古玄同”，也属于疑古一派。中文系的三马、三沈、二周，都是当时有名的人物，其中周树人（鲁迅）更为突出。新派人物出版的杂志《新潮》、《语丝》等，影响极大。冯友兰是

北大学生，留学美国，后来长期执教于清华大学。在“五四”期间，有几个著名的外国学者被邀请来华讲学，比如英国的罗素，美国的杜威，印度的泰戈尔，后者是诗人文学家，对中国新诗的发展产生了影响，冰心早期就受到泰戈尔的影响。

最后，我想谈一谈清华国学研究院。有人称之为清华大学国学研究院，这是不大确切的。研究院建立时，还没有清华大学。研究院存在的时间极短，只有几年。教师的人数极少，只有有名的四大导师：梁启超、王国维、陈寅恪、赵元任，再加上一个讲师李济，不过五人而已。学生的人数也不多。办学的方式介乎西方的学堂与中国传统的书院之间。入学考试不注重学历而注重学生的学术素质。入学后教师能做到因材施教。结果毕业的学生中很有一些极著名的学者，一般几乎都是大学教授。到了抗战时期就形成了“吾师派”，可见其影响之深远。我总感到，清华国学研究院的办学经验实在很值得总结。四大导师，梁、王两位，前面已经谈过。陈寅恪留学日、美、欧等地，而以在德国为最久。但是他的学风都无西方影响，毋宁说是更接近乾嘉学派。

从“五四”到30年代，这第二阶段，十几年中在中国思想学术界发生了几次重要的论战：如“问题与主义论战”、“科学与玄学论战”、“东西方文化论战”、“社会主义论战”、“哲学论战”、“中国社会性质与中国社会史问题论战”等等。在这些论战中，除了“东西方文化论战”直接涉及中西文化以外，其他论战也多有涉及中西文化矛盾的地方。这些论战反映了这一时期中国学者面临“中国向何处去”这个时代主题所做出的不同理论思考与选择。我以为，今天我们不能仅以政治立场为标的做出判断与批评，而应细心审视他们论战的内容，汲取双方理论思维的教训，才真正有益于今日我们在现代化进程中避免重犯历史性错误。

第三阶段

现在来谈第三阶段。我在上面说过，二、三阶段之间的划分，并不是泾渭分明的，只不过是一个大概的轮廓。有不少学者在第二阶段已经崭露头角，到了第三阶段，甚至第四阶段才真正大展鸿图。

这一阶段，在中国现代史上，是一个多事之秋。第一次国内革命战争后，接着来的是日本军国主义者的侵略，最后是第二次国内革命战争。中原扫荡，国无宁日，大学内迁，衣冠南渡。这些情况，本来是应该对学术的繁荣不利的；事实上，这些情况也确实制造了一系列的困难。但是，从总体上来看，在这段将近二十年的动荡中，中国学术不但没有萎缩，反而有繁荣兴盛的迹象。从中国历史上来看，第一个文化学术最兴隆的时代是春秋战国，当时正是群雄割据，战乱频仍的时代。然而真正的“百家争鸣”也出现于此时，成为中国空前绝后学术空气最自由、学术思想最活跃的时代。到了汉武帝时，天下真正统一了，武功真正显示

了，但是罢黜百家，独尊儒术，并没有使学术繁荣。这个经验是值得记取的。

在这个第三阶段中，学术上真有百家争鸣的气象。国民党政府想控制而没有力量。许多学术大师，比如鲁迅、胡适、郭沫若、冯友兰、汤用彤、陈寅恪、陈垣、王力、朱光潜等等，都不断有新著出版。自命为马克思主义者的学者，如郭沫若、翦伯赞等等，高举唯物主义的大旗，向他们所认为是唯心主义者的学者们，发动攻击，仿佛真是真理在手，义形于色。在文学界也表现出来了差不多类似的现象，鲁迅、茅盾、巴金、老舍、曹禺等人都不断有新作问世，充分显示了活力和新意。这一阶段是他们创作如日中天的高峰期。他们大多数人活到了建国以后，有的还有作品问世，有的则噤若寒蝉。问世的作品也多少含有遵命文学的味道，不复有当年的光彩，这一点是十分值得反思的。

在这第三阶段中，中西文化的碰撞没有什么明显的表现。

第四阶段

指的是1949年～1978年，自建国至改革开放时期的开始。

中国人民的解放，中华人民共和国的建立，给全中国人民，包括海外的华侨和华裔，带来了空前的希望；给中国知识分子，特别是一些爱国思想深入骨髓的老知识分子，带来了无比的欢欣和鼓舞；给中华文化学术的发展带来了难得的机遇。赤县神州的天是明朗的天，这里的人民好喜欢，是真真正正的一派大好形势，我们真觉得是站起来了。引得许多海外著名的知识分子，包括科学家和文学家，纷纷回国；华侨子弟违背父母之命争先恐后地赶回祖国。文化名人如钱学森、华罗庚、老舍、罗常培、周培源等等都回国来了。他们满以为解放了的中国是人间天堂，有如佛国净土，着着实实地狂欢了一阵子。

然而，好景不长，一转瞬间，中国知识分子就运交华盖，灾难临头了。运动一个接着一个，基本上都是指向知识分子。你能逃过一个，但不能逃掉下一个，磕磕碰碰，无人能免。首先是三反五反，思想改造运动，跟着是一系列的批判，批电影《武训传》，批俞平伯，批胡适，批陈寅恪。接着又来了肃反，批判胡风“反革命集团”。到了1957年，就来了有名的反右斗争，什么“阴谋”、“阳谋”，“引蛇出洞”，总共划了55万右派分子，都是知识分子。有些人被划为右派的原因，今天说起来，简直是天大的笑话。可有的人就因此弄得家破人亡，中间还间夹着大跃进、人民公社等三面红旗，“左”风肆虐到无以复加的程度。1962年庐山会议，本来是准备反“左”的。彭德怀一封万言书，又扭转了乾坤，大扇反右之风。紧接是四清运动，四清还没有结束，就来了“无产阶级文化大革命”，其涉及面之广，行动之荒谬与残酷，为害之大，简直是空前绝后（这是我的希望），人世罕见，成为伟大中华民族的一个奇耻大辱。“文革”一直搞了十年，没有人能控制局面，文

化遗产遭破坏之严重，无法想像。结果是经济濒临破产，中华民族处于风雨飘摇中。

在上述的情况下，哪里还能谈到真正的文化事业，真正的学术研究？虽号召“百花齐放，百家争鸣”，实则是一花不放，或一家独鸣。这一家就是马克思主义。历史唯物主义和辩证唯物主义，具有普遍的真理，学一学是有好处的。但是，从来源上来看，马克思主义属于西方文化的范畴。中国接受马克思主义，是用另外一种形式接受西方文化。可是我们号称是马克思主义与中国实际相结合，“中国实际”中就包含着中国文化，可见这种学习是融会贯通中西文化的。至于结合的结果如何，有目共睹，我就不再饶舌了。

不过，我在这里还想再重复一下我在上面已经提到过的一个观点：我们学习马克思主义并不是直接从马恩原著中学习的，而是通过苏联，这种马克思主义难免打上了苏联的印记。我只举一个极小的例子，恩格斯曾说过，生产包括两个方面：物质生产和人类自身的生产，但苏联只讲前者，我们也东施效颦，把后者忘记了。

在人文社会科学界，一般的情况是，把极端复杂的研究对象，在马列主义旗帜下极端地简单化了。研究哲学的，只讲唯物主义与唯心主义的斗争。首先把每一个中国古代哲学家都贴上了一个标签：唯物或唯心。往往有同一个古代哲学家，被今天的同一个哲学史家，今天贴上了唯心的标签，明天又贴上唯物的标签，任意而行，形同儿戏，好在已死去几千年的哲学家决不会从坟墓中站出来抗议，今天的研究者心安理得，自我感觉极为良好了。在历史学界，讨论的重要问题是历史分期。中国封建社会究竟是从何时开始？学者间争论不休，甚至动了意气；可是争论了几十年，依然是公说公有理，婆说婆有理，争论起源时间，相差千年，到今天只好不了了之。另一个问题是农民战争。据说农民战争是推动中国社会前进的动力。可历史事实是，农民战争只起破坏作用，胜者王侯败者贼，胜利者依然是骑在人民头上的剥削者、压迫者、屠杀者。在这样的情况下，要想让学术进步，岂非缘木求鱼，南辕而北辙吗？

第五阶段

我指的是1978年的改革开放一直到世纪末的今天。

改革开放，天日重明，挽救了我们国家的经济，也挽救了我们的学术文化。继承和发展学术文化的知识分子头上的紧箍松了一点，那种天天过着如临深渊，如履薄冰的日子，终于成为过去了；那种被打倒在地，身上踏上一千只脚，让你永世不得翻身的恐惧，也终于消逝了。知识分子们焉得不额手称庆由衷地感到喜悦呢？

然而，这种喜悦并不是立刻就感觉到的，中间有一个长期的缓慢的过程，主导这个过程的是一种特殊的反思。1978 年全国政协恢复活动时，我们社会科学组的成员到友谊宾馆去报到时，我遇到了在文革期间被尊为文艺界黑线的头领的一位长期领导文艺工作的高级干部，我们也算是老朋友了，已经十几年没见面了。他一看到我，就赶过来同我热烈握手，仿佛都是死里逃生一般。他对我说的第一句话就是："中国古代说：'士可杀，不可辱'，现在看来却是'士可杀，亦可辱'。"说罢哈哈大笑。我一时真分辨不清，他是哈哈大笑呢，还是嚎啕大哭？

但是，他的话却引起了我灵魂深处的共鸣。我在《牛棚杂忆》中提到，我在"文革"中曾一度想自杀。只是在间不容发的奇迹中，我没有能如愿，厚颜无耻地活了下来。在过去二十年中，我经常反思这个问题。这种事对我来说是幸呢，还是不幸？结论到现在也还下不了。但我仍然倾向于不幸，我觉得，没有自杀是我生平做的一件大错事。那位文艺界的"黑线人物"的想法，以及我自己的反思，我认为，都说明了一件事：根据我的观察和读书，我认为中国知识分子有两事有别于西方知识分子：一是根深蒂固的爱国情怀，一是硬骨头精神。前者先不谈，专谈硬骨头，所谓"富贵不能淫，贫贱不能移，威武不能屈"者便是。然而，到了十年浩劫，硬骨头一变而为软骨头。自己造神，自己膜拜，受到了千古未有的耻辱，仍能觍颜活下来。中国知识分子，包括我自己在内，何以能下作到这个程度，我至今不解。

反思归反思，工作归工作。绝大多数的知识分子，又重新振作起来，不顾待遇的菲薄，国家照爱，工作照干，兀兀穷年，刻苦钻研，一时文坛和学坛又充满了活力，沉寂了三十年，又重新活跃起来。文网已疏，思想自由，新思想、新观点也敢于提出。我在上面再三强调，这是繁荣学术必不可少的条件。有一点我必须特别强调：现在敢于同外国同行切磋琢磨了。在文革中谈洋色变，自造囹圄，自我禁锢，现在大大地改变了。在当今地球已成为地球村的时代，如果再自我封闭，中国的学术研究后果真不堪设想。

这一阶段，学术研究的成果大体上可以归纳为如下几项：

一、在古籍整理出版方面有比较显著的成就，出版了几套大书，比如《四库全书存目丛书》、《四库禁毁丛书》、《全宋诗》、《全宋文》等等。还有几套丛书，比如海外的中国古籍等。标点本《二十四史》在上一阶段已经出版。

二、将中国古籍输入电脑。我手头没有详细的统计，估计其量极大。全国许多大学和研究机关，都在兴致勃勃地做这一件工作，包括台湾在内。许多大型的中国古籍，比如《全唐诗》、《全唐文》、《四库全书》等等，都已输入电脑，看来这一件工作方兴未艾。对研究中国古代文化，研究一些大作家，这件工作实在具有革命的意义。过去，写书写文章，第一步重要的工作就是搜集资料。这件工作

是异常艰苦的。中国古代的著作往往不知索引为何物，一直到今天，此风未息。这对阅读者非常不方便。现在有了电脑，这个问题可以说是基本解决了。今后学者的工作重点不再放在搜集资料上，而在使用和阐释资料上了。我认为，这是一个根本性的转变。当然，很难想像能把所有的典籍都输入电脑，因此，总还会有一些冷僻的典籍需要人工检索。

顺便提一句，现在制作光盘的工作已在进行中。这对利用古籍也会有很大的帮助。

三、上面我曾提到，在那“闭关锁国”时代，我们不能也不敢去了解外国科学进展的情况，这当然会大大不利科学研究工作。现在有机会同外国的学术界交往了，联系了，从而我们对外国学术进展的情况有了基本的了解。外国那些生生灭灭的学说，也介绍到中国来了，我们不再坐井观天了。但是，这里面也有危机，据我个人的看法，至少有两个危机，一个是翻译外国学术著作不忠实于原作，一个是只注重输入新名词、新术语，真正涵义则往往忽略。这一点，我们今后必须努力纠正。

四、许多原来空白的学科现在补上了，或者至少是加强了，比如比较文学、敦煌吐鲁番学等等。在过去，我们基础非常薄弱，甚至引起了外国学者的讥笑。现在已经建立起来了，老、中、青三代的研究队伍也逐渐形成了。这情况在敦煌吐鲁番学的研究上，表现得更为清楚，过去曾轻视过我们的外国学者，现在不能不刮目相看了。

但是，也并不是一好百好，一了百了。现在有许多中国学者慨叹，国际学坛上没有中国的声音。我们不得不承认这个事实。除了个别学科外，我们真正能处在世界学术前列的确实没有。倘若再从中西文化碰撞这个角度来看，西方文化，包括精华和糟粕，有的甚至于算不上文化，都如汹涌的怒涛一般，冲入中国，一往无前，势不可挡。中国仿佛成了一片空虚，哪里还谈到什么碰撞！中国一部分人又犯了一窝蜂的老毛病，凡外皆佳，是华必劣，对西方文化顶礼膜拜，其虔诚胜于朝山进香。鲁迅是主张“拿来主义”的，如果他能活到今天，看到这种“拿来”的情况，一定会是痛心疾首，而又无可奈何。反观西方，一般人仍以“天之骄子”自命，对中国文化一无所知。多少年来，我张皇“送去主义”，我自认是有道理的。

第五阶段写完，时间已经到了世纪末。下一个世纪怎样呢？我不是王铁嘴，不是张半仙，但是，我仍想说一点预言。西方文化发展到了今天，为世界人类造就了巨大的福利，但是却显露出来了严重的弊端。克服这些弊端，西方文化本身是做不到的，必须济之以中国文化为核心的东方文化，人类才能顺利生存下去。中国文化在世界范围内将重现辉煌，这一点我是深信不疑的。

我在上面用了一万多字，从中西文化碰撞的这个角度上来总结了中国一百年来的学术的发展。我不是研究中国学术史的专家。真正的专家们从其他角度上大概也能总结出他们认为是正确的发展规律。如果有的话，我也不敢赞一辞。我现在不过是根据我自己的认识水平，写出了我的看法，期望得到真正专家们的教正，若能够得上一得之愚，则我就感到欢欣鼓舞了。是为序。

1999 年 1 月 31 日写毕



序　二

路甬祥

20世纪是科学技术成就辉煌的世纪，也是人类理性日益成熟的世纪。人类对自然的观察的视野在微观和宏观两方面都扩大了10万倍以上：对物质结构的认识已经从大于10^{-10}米的分子、原子集团深入到小于10^{-18}米的基本粒子内部，而对宇宙的观察眼界则已经从直径10万光年扩展到150亿光年的大宇宙范围。一方面，由于各门科学的深入发展，我们周围的自然界从分子、原子、基本粒子，到细胞、细胞核、染色体、DNA分子、基因片段，到宇宙、天体、地球表面和地壳内部，所有各个层次都得到了较为深入研究；另一方面，由于交叉学科和边缘学科的大量兴起，各门学科之间的空隙逐渐得到填补，其中特别是分子生物学的出现，使物理科学和生命科学之间的鸿沟开始消失。由此，自然界各方面各个层次及其之间的过渡环节也开始逐一为人们所认识，整个自然科学正在形成不断发展的、多层次的、综合的统一整体。伴随着科学技术突飞猛进的发展，人类对科学技术活动认识的哲学眼光、历史视野和战略高度不断扩展和提升。科学哲学、科学史和科学社会学的发展，以及对于生态环境危机的警觉和可持续发展观念的形成，对于科技对人类社会自身发展可能带来的危机的担忧，标志着人类对科学技术反省和思考的广度和深度不断加大。

20世纪上半叶发生的一系列科学革命，不仅深刻地改变了人类对世界自然图景的认识，而且带动了经济社会的飞速发展。相对论、量子论和信息论的创立，DNA双螺旋结构分子模型、夸克模型的发现，系统论与控制论的建立，以及地球板块模型、宇宙爆炸假说的提出，标志着人类对于物质、能量、时空、信息、生命、地球和宇宙认识的新的革命。量子化学、固体能带论、质能转换原理、生物遗传中心法则、受激辐射理论、反馈控制等为技术发展提供了划时代的关键科学原理，开创了信息技术、新材料与制造技术、生物技术、新能源技术、海洋技术和空间技术等一系列高新技术领域。源于核物理学研究的核技术的发展，导致了原子弹、氢弹、核电站以及可控核聚变实验的实现；源于半导体物理学、电子物理学研究的微电子技术的发展，导致了电子计算机的硬件系统从电子管到晶体管

再到集成电路和大规模集成电路、超大规模集成电路的迅猛发展，其软件系统的发展则是以数学和逻辑学为基础的；源于量子理论的光发射和吸收理论与固体物理学结合导致了激光器的诞生，不仅发展出半导体激光器和气体激光器等多种激光器，还衍生出基于其他物理原理的自由电子激光器和原子激光器等，导致了激光和光通讯技术的出现；而基因控制技术，包括引起震撼的动物克隆技术，则都是以DNA 的双螺旋结构和遗传中心法则为基础的。快速推进的科学和不断发展的社会需求成为技术进步的基础和推动力。基于科学基础上的技术创新、技术发明不断涌现，不断引发出影响深远的新的产业革命。技术进步也为科学发现和研究提供了前所未有的实验与观察手段。

上述这些20 世纪中最重要的科学技术成就已经对人类社会产生了巨大影响，而且仍然在不断迸发出对社会发展的强大推力。不仅如此，这些划时代的科学技术成就对其自身发展也有着极为深远的影响，使科学技术在最近100 年里展现出前所未有的、绚丽多彩的图景。在这一百年的时间里，人类已经创造出了前几千年都不可比拟的物质文明。今天，人类开始进入工业化社会的高级发展阶段——信息化时代，并已形成以知识为基础与推动力的知识经济构架。科学技术更加彰显出了推动社会发展的无与伦比的力量，成为国家综合国力与竞争力的决定性因素。

中国现代科学技术事业也正是在这样的历史大背景下，走过了它的奠基时期和开拓时期，并在21 世纪已经进入了一个创新发展的新时期。

中国科学一个世纪来的孕育、成长、变革与复兴，自然带有中国民族文化与国情的深刻烙印。一百年前，中国近代科学技术的肇始在社会主要表现为西方传教士的科学输入以及洋务官员实施的技术引进。进入20 世纪以后，大批海外归来的学子们办学校、建学会、出学报、带学生，成为中国科学事业的奠基人。当时，一大批觉悟了的知识分子构成了中国科学化运动的主体。高扬“民主”与“科学”两面大旗的“五四”运动，不仅是影响最为深远的思想解放运动，而且是一场科学启蒙运动。当时社会上的智士仁人、先进知识分子认识到中国要“救亡图存”、“富国强兵”，不仅要推翻封建统治、打破闭关锁国和文化禁锢的传统，实现民主革命和思想文化解放，而且必须使科学成为新的认知体系的主体。可以这样说，20 世纪初中国大地上高高扬起的“科学”旗帜，从一开始就具有双重意义。一方面，人们把科学当做推动中国现代化的有力工具，另一方面，人们对科学精神的文化价值也给予了充分肯定。科学在中国近代社会上取得的这种地位的过程，虽有曲折，但仍不失为20 世纪整个世纪的主流。

1915 年中国科学社的成立，不仅标志着中国知识分子已自觉地肩负起中国科学的社会责任，而且标志着中国科学的体制化过程的开始。该科学社提出的宗旨

为“联络同志，研究学术，以共图中国科学之发达”；它提倡的科学活动内容包括：“发行杂志，传播科学，提倡研究”，以及“设立各科学研究所，施行实验，以求学术、工业和公益事业的进步”。它的影响所及，曾一度遍布全国。这些科学活动，不仅在中国创建了许多近代新学科，而且造就了一大批中国科学技术专家。他们以科学社团的形式极大地推动了中国科学的历史发展进程。在这些专家当中，绝大部分是归国留学生，侯德榜、竺可桢、茅以升、李四光等则是其中的杰出代表。

后来于1927 年按照孙中山先生提议成立的中央研究院，尤其是新中国成立后于1949 年成立的中国科学院均承袭了科学社的传统。虽说，当时中国科学的体制化进程从民间模式转变为政府模式之后，其发展不能不受到政治和社会文化思潮的冲击与影响，但我们亦应看到正是这种把科学组织纳入国家建制化的模式有力地推动了中国科学技术的发展。不仅有利于全国性科学技术规划的制订，有利于国家科学发展目标的实施；而且还有利于把有限的资源集中到国家重大发展目标上来。到30 年代，理、工、农、医各科的学系、学会和研究所都已初步建立起来了。

在20 世纪的前50 年，中国科学家不仅在地质学、生物学和古人类学等“本土”科学方面做出了较大的成绩，而且在国外研修的中国科学家还在科学的诸前沿领域也做出了一些重要贡献。前者如中国地质图的绘制、中国植物图谱的编撰、水杉的发现、北京猿人的发现、地质力学的创立，以及传统科学遗产的整理等科学成果不仅对于中国有重要价值，而且还具有世界意义；关于中国资源分布和文化遗产的研究，对于了解全球演化和人类历史是不可或缺的重要部分。后者如数论和示性类的研究、正负电子对湮灭的早期实验、恒星光谱型与温度关系的认证、铀核三裂变的发现、μ 粒子的发现、植物呼吸酶的发现、验证中微子存在的实验方案、上临界马赫数概念、行星波不稳定性概念、水的三相点的测量、联合制碱法等均是一批有世界影响的工作。30 年代成为人们常常回顾的中国现代科学开创奠基的时代。

中华人民共和国成立以后，科学技术事业获得全新的发展环境，特别是由于1956 年制定了12 年科学发展远景规划，诸如分子生物学、核物理学、高能物理学、高分子化学、半导体物理学、计算机和自动化科学技术、生态学与环境科学、空间科学技术等方面的研究也都发展了起来。中国科学家在几乎完全被封锁的极端困难条件下取得了一批重要科学技术成果，例如对我国自然资源和环境所进行的大规模科学考察、勘探和综合研究，青藏高原和黄土高原的成因、过程、规律及其对东亚地区自然环境的影响的研究，全国农业资源调查和农业区划及生态农业研究示范，在世界上首次人工合成了有生物活性的牛胰岛素，在陆相生油的理论指导下发现并开发了大庆油田，提出数学优选法并在工农业生产领域大规模地推广，特别是成功地实现了核弹爆炸实验、导弹发射和人造地球卫星上天。在这一

过程中，中国科学家们也曾经受了改造的困惑、反右扩大化的伤害、三年自然灾害的苦难、帝国主义封锁和苏联终止援助造成的困难以及“十年动乱”的破坏，但仍以其坚韧不拔的毅力、崇高的爱国主义精神和强烈民族责任感实现了国家和人民的期望，为增强综合国力和提高国际地位做出了不可磨灭的贡献。艰难曲折的六七十年代成为开拓者们值得回忆的英勇的时代。

改革开放的社会条件和社会主义市场机制的确立为科学技术的发展带来了新的活力。为加快中国科学技术发展的步伐，以追赶迅速发展的世界科技潮流，从1984年开始进行了科技体制改革的诸多探索，科学技术为国民经济服务方面取得了显著的进步。例如：高产优质杂交水稻的育成与推广，数学机械化证明，农业病虫害的防治，小麦、棉花、油菜、烟草等新品种的培育，人造卫星及卫星应用技术的发展，数千亿次超级计算机的研制，非线性光学晶体生长研究，稀土永磁材料、工程塑料研制，6 000米无缆自治水下机器人的研制，高温超导体的研究，用基因工程技术获得乙肝疫苗、人生长素、干扰素及青霉素酰化酶的研制能力，以及北京正负电子对撞机等一大批科学工程装置的建成等。但到目前为止仍缺乏自主开创新领域和国际领先的独创性研究工作。当代世界正处在历史性的转折时期，对于开始向第三步战略目标迈进的中国，科学技术也必须先行提升到一个新的水平，因此我们正面临一个充满着机遇和挑战的时期，它为一切有信心和创新能力的中国科技工作者提供了崭新的机会。现代企业制度和公平、有序的社会主义市场经济体系的建立，综合国力的发展为中国科学技术的大发展提供了有利的社会条件，只要我们认真总结百余年来的经验教训，在实现国家第三步战略目标的过中，完全可以把中国科学技术推进到一个新阶段，开创一个中国科学技术的创新时代，为中国的经济建设、社会发展和国防安全提供强有力的支援，为人类科学文明做出新的重大贡献。历史表明，必要的投入，遵循科技创新的客观规律，实施有效的政策和组织管理，加上由爱国奉献、求真唯实、协作创新等鲜明科学文化价值导向所形成的物质与精神力量，使新中国科学家在极其艰难的条件下创造了一个又一个科学奇迹。“两弹一星”的研制成功，大庆油田的自主勘探与开发等，正是其中最为辉煌的例证。吴文俊院士独创地继承光大了中国古代数学的精髓，将其数学机械化的思想与现代计算机科学相结合，做出了自动推理领域的先驱性工作，开现代中国数学家开创世界数学研究新领域的先河；而袁隆平院士则在着力解决拥有十几亿人口的中国的粮食问题的崇高责任感和使命感所形成的坚定信念的驱使下，冲破了当时经典理论认为的水稻等“自花授粉作物没有杂种优势的”遗传学流行观念的束缚，开创了两系法杂交水稻育种技术，并在超级杂交稻研究方面取得了重大进展。他们成为新世纪伊始首届国家最高科学技术奖的获得者，代表了中国科学技术面向新世纪发展的方向。在改革开放的今天，当我

们为迎接全球化知识经济的挑战，建设国家创新体系的时候，在学习和吸收国际科技发展和先进科技管理的有益经验的同时，我们仍然不可忽视中国科学发展的自身特征与优势。

科学是不断发展的系统化、理论化的知识体系。科学知识是借助于正确的研究方法和技术手段认识客体，并积累、整理、分析、归纳其结果而系统表述的知识体系和理论。科学发展的一个基本特点是科学知识和科学方法的历史继承与创新。科学不是哪一个时代的产物，而是历史性的积累和发展的结果。由于自然现象的复杂性，人们对其规律的认识往往有一个由浅入深、由表及里、由此及彼、去伪存真的过程，逐步发展成系统的科学知识。它不但来自生产实践和社会活动，更来源于科学实验。它是严谨的科学观察的记载、严格科学实验的结果，在一定条件下可以重复，能反映客观事物的本质与规律，从而有真理性。但科学没有终极真理，它随时接受新的事实的检验，并伴随着客观事物和人们认识能力的发展而发展，科学有无止境的前沿。

因此，科学的意义在于发展和创新。有新的发现，对已有的知识按新的观点进行分析和归纳，创造新的理论和新的方法，或者用科学知识开发新的应用。进行科学创新必须首先解放思想，不为传统观念和已有知识所束缚，善于提出新的问题，勇于开拓新的方向，创造新的知识，创造新的方法，开拓新的知识应用。科学的发展不但有数量的积累，也有质的飞跃。在某一科学领域中，当知识积累和发展到一定程度，可能产生重大突破。这种突破可能使某一科学领域的知识结构发生根本性的变化，或使一门或几门学科得到迅猛发展。

科学是认识人类社会和自然的研究活动。科学不仅仅是指已被认识的真理和知识，也是指认识真理和获取知识的探索过程。原始的科学活动寓于生产活动，后来被逐渐分离出来，成为一种相对独立的社会活动。活动方式也从个别科学家，转变到18世纪以后学院式研究，到20世纪已发展成为完全社会化、国家化和全球规模的社会活动。科学活动是一种创造性的脑力劳动，其主体是科技工作者——知识分子。科学活动需要物质条件，同时更需要信息环境、文化氛围、科技人员的主观条件——知识基础、创新思想和正确的科学方法。19世纪以后，由于出现了科学——技术——生产的转化方式，显示出科学对生产力的革命性推动作用。社会对科学技术表现出强烈的关注与需求。科学活动的规模和空前发展的速度，则表现出对社会越来越大的依赖。科学社会化和社会科学化的进程正在迅速发展。现代科学已成为社会和国家的事业。专门从事科技活动的社会成员也空前增加，科学立法、科研管理部门、科学基金会、国立研究机构、大学、企业研究开发部门、科学学会、国际性科学组织等等，形式不断发展，已成为一种完整的社会建制。它树立了自己的科学目标、科学精神、科学价值观、科学道德规范、科

学活动的方式和方法。它已构成了当代社会建制的一个重要部分，并与政治建制、经济建制、文化和教育建制等相互影响，紧密联系，共同作用，决定着国家、民族和人类的文明进程。

科学的价值在于求真，在于它的真理性。而认识客观世界的社会价值更在于改造世界，在于为人类带来福利，满足人类的需求。科学之所以发展成如此宏大的事业，之所以受到社会的如此关注和重视，正是由于它不仅为人们提供了自然规律的系统知识，还在于它为生产力的发展和人类文明的进步注入不竭的动力。科学的价值是通过科学活动的内部结构实现的。当代科学认识活动已经形成了特定的内部结构——基础研究、战略研究和应用发展。其发展趋势是相互联系更加紧密，转移更为迅速。基础研究的目的旨在增加新科学知识和新科学领域，而往往并不直接考虑特定的应用目的；战略研究是近年来出现的概念，系指具有重大战略意义的研究与开发工作，包括重大定向基础研究、重大战略高技术研究与发展和重要公益性研究。基础和战略研究主要依靠国家支持和组织。应用与发展旨在通过研究所获得的知识指导生产新的材料、产品，建立新的工艺、系统或服务，并从本质上去改善和更新已经在应用的那些材料、产品、设计和工艺。应用与开发的主体是企业，主要动力是市场与需求。从而科学作为整体体现了其双重的社会价值——真理价值和应用价值，表现了不同的行为主体和运行机制。

进入创新时期的中国科技事业面临三项艰巨的任务：建设国家创新体系、提高国家的科技创新能力和探索适合国情的现代化道路。

今天，科学发展的速度不仅仅取决于投入，而是在更大程度上依赖于有效的科学体制。自19世纪以来科学的进步就已表现为“知识”和“体制”两个方面，后进者缩小差距的主要方法往往是采取了18世纪末以来有效的近代教育制度和研究建制。中国在19世纪中叶接受现代科学时，知识水平的差距近300年，而在引入先进的教育和研究体制后，即能在100多年的时间内把知识水平的差距缩小为二三十年。对于开始进入创新时期的中国科学事业，我以为，所要解决的诸多问题中的首要问题仍然是科技体制问题，急需建设一个能适应新世纪科技革命和市场与社会需求挑战的国家创新体系。因为创新体系本质上反映着科学技术与经济社会协调的程度，所以建设国家创新体系的主要任务在于探索科学技术与经济社会的发展规律，发挥二者相互促进的作用。在中国的现代化进程中，在处理科学技术与经济社会协调发展方面有许多经验和教训有待总结，而技术与经济、科学与技术、自然科学与社会科学以及中国与世界这些关系，正是人们普遍关心而又必须恰当解决的问题。

任何国家和科学的发展都必须以其自身的研究和发展能力为基础，只有具备了研究和发展的基础结构，外援才能发挥其应有的催化作用。尽管现代科学在中

国已经有百余年的历史，但至今也还不能说已经具有了较高水平的科技研发和较强的自主创新能力。通常可以四个指标评价一个国家的科技能力，一是以投入研发的人力和财力衡量从事科技活动的规模和能力，二是以出版物的质量和数量衡量科学或知识创新成果，三是以拥有的专利件数和产业转化程度衡量技术创新成果及其产业化，四是有比较完善的国家创新体系和有一批具有研究开发能力的大企业和高科技企业。它们大体上能反映一个国家的科技研发与产业化的竞争能力。如用这些指标在世界范围进行比较，就会发现我们中国同发达国家还有不小的差距。在科学已成为高技术的先导和技术已经成为经济增长的主要动力的今天，任何国家要想在激烈的国际竞争中立于不败之地，都必须有一支强大的科学研究和技术开发的队伍，构建形成适应时代和国家发展要求的国家创新体系。我们不仅要充分尊重科学的学术自由权和自主权，激发起科学技术发展的内部动力，还要在社会上普遍提倡科学精神与科学方法，建设和健全社会主义公平、公正、有序的市场经济体制，培育企业自主科技创新的能力，强化国家目标和社会需求的引导和推动作用，培育科学技术发展的外部氛围和科技与经济社会发展紧密结合的创新体制和机制。倡导“科学技术是第一生产力”，高度重视基础科学本身的发展，为科学技术和国家创新能力的持续提高奠定坚实基础。

自50年代后期以来，经受了百年屈辱的中华民族就开始探索适合自己国情的现代化道路，早在1957年毛泽东主席就曾发出整理科学遗产、发展自己的科学学派的号召。已经提前达到第二步战略发展目标的中国，面临的任务是向第三步战略目标奋进，在21世纪中叶进入中等发达国家的行列。为了在新世纪激烈的国际竞争中振兴中华，在确保可持续发展的同时加速经济增长，我们必须极大地提高全民族的科学和教育水平，实施我们已经确立了的“科教兴国”的战略方针。由于人口众多而使得自然资源相对不足是我们的基本国情，如何通过普及教育和发展科学技术从而开发巨大的人力资源，就成为关键所在。我们不仅必须在世界上率先实施节约资源并保护环境的生产方式和生活方式，而且还必须创造性地发展支持人类持续发展的全新的科学技术体系。

开创创新时代的艰巨任务要求科学家充分发挥科学创造性。

科学是理性的事业，在科学技术飞速发展的时代更要求理性的创造思维，哲学的启迪对于科学创新思维的作用越来越受到重视。历史上启蒙哲学之于法国科学，唯物主义和辩证法之于德国科学，提供了科学受惠于哲学的典范；当代科学哲学把物质、能量和信息概括为世界三要素的观点，不仅为建立信息社会概念提供了启迪，而且加深了科学技术对自然过程和人工过程及其统一性的理解。哲学求索导致科学家们探索诸如宇宙的起源、生命的起源和认知的本质之类永恒的科学难题，哲学的概括与综合的观念激励科学家们追求局部与整体、特殊与一般、遗

传与变异、精神与物质的统一，从而把局部认知转换成科学理论。唯物辩证法也是反对迷信和伪科学的锐利武器。

科学也不仅仅是纯粹理性的过程，任何科学创造都不能从单纯的推理和思辨中产生，而更需要现象和实验的观察与分析，也需要科学的洞察力和判断力。那些做出伟大贡献的科学家，无不具备这样的思维和实践能力。

科学家还要有唯物辩证的历史观和认识论。尽管科学的进展有无止境的前沿，但科学史是可以认识科学发展的轨迹及其规律的。对于科学未来的预测更多地要靠对科学和社会发展规律的深刻认识，诸如21世纪将会在哪些领域发生新的科学革命，哪些学科将成为未来科学新结构的重心，各个学科前沿领域会有可能发生哪些突破，哪些新的技术革命可能将因科学的新发现而引发？以唯物科学历史观思考过去，审视未来，未来的科学也必定同解决人类与环境的和谐，对物质、生命、信息与认知规律认识的深化，与科学本身的综合和统一等问题相联系。诚然，科学的未来是不能完全准确预测的，但一切科学的预见实际上都是开拓与创造未来的动力。让我们进一步解放思想，破除迷信，实事求是，开拓前进去迎接中国科学创新的时代。

20世纪中国科学的发展，经历了艰难曲折，同时也保持了一种与中国现代化发展相适应的传统和特征，它将对中国新世纪的发展提供有益的经验。这部学术大典所展示的正是这样一幅多维画卷。这么多中国一流科学家，他们的智慧结晶，他们的研究体验，他们的深邃视角，他们的篇篇华章，聚合为一部学术巨著。我们坚信，它将会成为我们中华民族迈向科学辉煌的阶石。

我们应该永远记住阿基米德那句话：

“给我一个支点，就能撬起地球。”

我以为这个支点就是：科学！

凡　例

一、编　排

1. 本书按学科（学术门类）分类分卷出版。一学科（学术门类）辑成一卷，字数不足一卷的，同其他相关学科（学术门类）合为一卷。

2. 本书条目按学科研究与专题研究、学术事件、学术人物、学术名著名篇、学术机构团体和学术期刊等类别分类编排，形成系统的分类目录。

3. 学科研究与专题研究条目按本学科内容体系框架分类编排。

4. 学术事件、学术人物、学术名著名篇、学术机构团体和学术期刊，均按时间（发生、诞生、出版、成立、创办）次序编排。

5. 各学科卷在条目分类目录之前都有一篇介绍本学科中国学人百年来重大研究成果的综述性文章，如"20世纪中国生物学研究"。

6. 学科与学科之间相互交叉的学术主题在有关学科卷中均设有条目，但释文内容分别按各自学科的要求有所侧重。

二、条　目

7. 学科（包括子学科）研究从研究综述的角度立目，如："20世纪中国生物学研究"、"植物学"；专题研究一部分从研究综述角度立目，例如："中国植物区系研究"，一部分从研究成果的角度立目，例如："二步发酵法生产维生素C"；学术事件以事件在学术史上的通称立目，例如："西沙群岛综合海洋科学考察"；学术人物以人物的常见名字立目，例如："钱崇澍"、"秉志"；学术名著名篇以书名、文题立目，例如："《植物学大辞典》"；学术机构团体以全称立目，例如："中国科学社生物研究所"；学术期刊以刊名全称立目，并标注书名号，例如："《博物学杂志》"。

8. 条目标题附有英文，例如："植物学（Botany）"；学术人物条目标题英文即该人名汉语拼音（音译），例如："陈桢（Chen Zhen）"。

三、释　文

9. 条目释文力求使用规范化的现代汉语，释文开头一般不重复条目标题。

10. 较长的条目释文，设置层次标题。

11. 一个条目的内容涉及其他条目，并需要由其他条目的释文补充的，采用"参见"的方式，并以楷体字排印。

四、参考文献

12. 在学科研究和部分重要的专题研究条目释文后附有“参考文献”，供读者参考。此文献是指在20世纪学术史上发生过重要影响的著作或文章。

五、索　引

13. 本书各学科（学术门类）卷均附有全部条目的汉语拼音索引、汉字笔画索引和外文关键词索引。

六、其　他

14. 本书所用学科专业技术名词以各学科有关部门审定的为准，未经审定和尚未统一的，从习惯。地名以中国地名委员会审定的为准，常见的别译名必要时加括号注出。

15. 本书字体除必须用繁体字者外，一律用1956年国务院公布的《汉字简化方案》中的简化字。

16. 本书所用量和单位以1994年7月1日实施的中华人民共和国国家标准《量和单位》为准，个别的从习惯。

17. 本书所用数字，以1996年6月1日实施的中华人民共和国国家标准《出版物上数字用法》为准。

目　录



20 世纪中国生物学研究

(Biology Studies in China during 20th Century)

钱迎倩　　祁国荣

生物学是研究生命现象及其运动规律的科学；是研究生物各个层次的种类、结构与功能、新陈代谢、生长发育和遗传变异，探索生命起源、生物进化、物种形成，以及研究生物与周围环境关系的科学。

我国古代人民在生存活动中逐步积累了种植植物、驯养动物和利用微生物的经验以及人体自身结构和功能的知识。从原始社会到春秋中叶（公元前6 世纪以前）就有了生物学知识的萌芽和积累，如春秋时期流传的《夏小正》就是一部以动植物的生长、繁殖、行为、习性等为基础，结合天文、历象而制定的指导农事活动的物候历书。从春秋中叶到南北朝（公元前6 世纪～公元6 世纪）已渐渐形成了较系统的生物学知识。如秦汉之际（公元前3 世纪）的《尔雅》就记述了植物200 余种、动物100 余种，对动植物的不同部位和功能已列有专名。战国时期的《黄帝内经》在讲到人体结构和功能时，已强调解剖测量。到战国秦汉时期，已积累了不少有关分类、形态、生理、生态，甚至生物起源等方面的知识。从隋至清代中叶以前（6 世纪末～19 世纪中叶）是古代生物学的发展时期。这段时期有如明初的《救荒本草》，其植物的形态图对17 世纪日本生物学的发展都有一定的影响。李时珍的《本草纲目》（1596）和吴其濬的《植物名实图考》（1848）都是有图有说，精确度可资鉴定科、目，有的还可考定到种。鸦片战争后，随着洋务热潮的兴办，近代生物学知识也传入中国。1858 年，中国学者李善兰和英国传教士A・韦廉臣合作从英文著作选译的《植物学》一书，是中国最早的一部介绍西方近代植物学基础知识的著作。1911 年辛亥革命后至1949 年，现代生物学在中国逐渐扎根。

有关20 世纪中国生物学的研究，从20 世纪初中国近代生物学的发展起到1949 年算是一个阶段。1949 年后生物学与其他学科一样得到很大的发展。但1956 年之前由于李森科主义在中国的泛滥，使中国生物科学工作者思想受到很大的束缚，生物学的发展受到严重的干扰。也就是在这段时期内，以DNA 双螺旋结构的

发现为标志，诞生了分子生物学，在国际上大大地推动生物学的发展；虽然当时对中国生物学影响极微，但也为此后的发展产生了深远的影响。1956 年，“向科学进军”口号的提出、“百花齐放，百家争鸣”方针的实施以及青岛遗传学座谈会的召开，打破了生物学界沉寂的思想束缚，对中国的生物科学起到很大的推动作用。但是1966～1976 年“文化大革命”期间，生物学的发展基本上处于严重的停滞时期。1976 年以后，与其他学科一样，中国生物学真正进入到大发展的时期。20 世纪的后20 年，生物学发展非常迅速，相当一部分分支学科或专题已接近国际水平，个别领域甚至取得了举世瞩目的成果。

1949 年前中国生物学的发展

1911 年辛亥革命以后至1949 年，现代生物学在中国逐渐扎根。大学开始设立生物学系，生物学的研究机构逐步建立，生物学的研究工作正规地开展，研究刊物也陆续创办。在现代生物学发展早期，摆在我国生物学家面前首要的任务是需要对我国动植物资源进行调查并开展分类学的研究。在这段时期内，由于政局不稳、当局对科学发展没有统筹能力，以及经费短缺等原因，生物学中实验性研究的分支学科与以描述性研究为主的分类学相比，则相对比较薄弱。

一、科学研究概况

在动物分类学领域，邹树文和秉志在1914 年和1915 年分别在国外发表了昆虫学的论文。胡经甫在1941 年出版了《中国昆虫名录》，研究工作历时12 年，全书分6 卷，包括中国发现的昆虫25 目、329 科、4 968属、20 069种，是中国第一部昆虫学的巨著。此外，对昆虫分类学做过系统研究的还有陈世骧、邹钟琳、吴福桢、蔡邦华、杨惟义、刘崇乐、柳支英、何琦和朱弘复等；鱼类学分类上有朱元鼎、伍献文、陈兼善和张春霖等；两栖类方面有方炳文、张孟闻和刘承钊；鸟类和兽类上有寿振黄、任国荣、郑作新、傅桐生和常麟定等；在原生动物方面有王家楫、戴立生、张作人、倪达书等；此外还有陈纳逊在腔肠动物，陈义在环节动物，董聿茂在沿海甲壳动物，张玺在沿海软体动物，沈嘉瑞在华北蟹类，陆鼎恒在海蜘蛛上都做过调查研究，发表了文章。

植物分类学方面研究工作最早的是钟观光。从1918 年开始，调查工作遍及北京、福建、广东、广西、云南、浙江、安徽、江西、湖北、四川、河南、山西、河北等13 个省市，采集标本几十万份。1919 年胡先骕在浙江省等地也采集了大量标本。这两位先驱奠定了中国分类学家自己采集标本并用现代分类学方法进行研究的基础。1922 年后，胡先骕、钱崇澍先后主持中国科学社生物研究所植物部的工作，对华东及长江流域各省的植物进行了调查。1928 年胡先骕主持北平静生生物调查所工作后，在华北和西南各省做了调查，建立起标本室，定期出版汇报和图

谱。从此，分类学成为生物学在中国首先发展起来的领域，并涌现出一批植物分类学家。胡先骕曾发表过1 个新科、6 个新属及新种100 个以上；钱崇澍主要研究华东植物，除涉足分类、区系和植被外，中国的第一篇植物生理学和地植物学研究论文都是他发表的；陈焕镛主要研究华南植物，主攻樟科、胡桃科和山毛榉科植物，发表几十个新种。此外，吴韫珍对华北植物，刘慎谔对西部和北部植物，裴鉴对马鞭草科和药用植物，方文培对西部植物、槭树科和杜鹃花科，孙雄才对唇形科，林镕对龙胆科和菊科，耿以礼对禾本科，郑万钧对裸子植物，张肇骞对菊科、堇菜科、胡椒科开展了大量研究调查；秦仁昌1940 年发表的“水龙骨科的自然分类”在国际蕨类学界产生重大的影响；此外，陈邦杰在苔藓植物，李良庆、饶钦止在淡水藻类，曾呈奎在海水藻类，戴芳澜和邓叔群在真菌类方面都开展了大量的研究，发表了大量的论文，为以后《中国植物志》和《中国孢子植物志》的出版打下了扎实的基础。值得提出的是1941 年在四川万县首次发现，后由胡先骕和郑万钧研究定名的一个活化石新种——水杉（*Metasequoia glyptostroboides*），1948 年相关论文发表后，轰动了世界各国生物学和古生物学界。

在古生物学方面，李四光在20 年代发表了《中国北方之蜓科》和《蜓科分类之标准及二叠纪之七新属》重新提出了蜓科半定量分类标准，使这个领域跃居世界先进水平。孙云铸1924 年发表的《中国北方寒武纪化石》对三叶虫、珊瑚、头足动物、笔石、海林檎、海百合诸门类研究成就卓越，开创了中国科学家研究古无脊椎动物化石的历史。赵亚曾在1927 年发表的《中国之长身贝科化石》专著，是具国际水平的对腕足动物和头足动物的研究。此外，田奇㻪对腕足动物、海林檎、海百合的研究，尹赞勋对头足动物的研究，陈旭对蜓的研究，黄汲清、乐森玥和计荣森对珊瑚的研究，许杰对笔石的研究，卢衍豪、盛莘夫和王珏对三叶虫的研究，赵金科对头足动物的研究，秉志对昆虫的研究，均为一流的工作。杨钟健1927 年发表《中国北部之啮齿动物化石》以及卞美年30 年代末发现禄丰蜥龙动物群，开创了我国研究脊椎动物化石的历史。斯行健1931 年发表《中国下侏罗纪植物化石》，1934 年发表《中国中生代植物》等论著，引起国际上对中国古植物研究的重视。最轰动当时国际学术界，成为人类学研究史上重大发现之一的是裴文中于1929 年发现了第一个完整的北京猿人头盖骨化石，以及1933 年发现山顶洞人的化石。以上研究足以说明当时中国在古生物学研究上已有相当一批具国际水平的成果。

在生物学实验科学方面也有一些富有特色的成果。例如，在动物解剖学、组织学、胚胎学等领域，秉志从20 年代开始就对江豚、虎、白鲸等做了解剖研究。马文昭在组织学方面，卢于道、欧阳翥在神经解剖学方面做了不少研究。此外，陈纳逊、陈伯康、孟廷季、雍克昌和崔之兰等在解剖学、组织学、胚胎学、细胞学

等不同的领域内都分别开展了研究。贝时璋从20 年代起就从事实验生物学的研究，对动物的再生、性转变的活动规律等方面做了许多实验研究。朱洗于30 年代以一些动物为材料探讨卵球成熟、受精和单性生殖问题。童第周在实验动物学方面也有卓越的工作。

在生理学和生物化学方面，1929 年吴宪在第13 届国际生理学会上对蛋白质变性问题，首次从分子结构变化上做出了解释，提出了蛋白质变性是由于原来紧紧缠绕的肽链变为松散结构的观点。林可胜等揭示了脂肪阻遏胃液分泌的机理及胃肌的运动，并对脑交感神经中枢做了研究。张锡钧等人发现存在于周围神经上的神经递质乙酰胆碱也存在于中枢神经系统中，并提出了“迷走神经—垂体后叶反射”学说。冯德培在神经肌肉接头的物理、化学反应方面有开创性的系统研究。此外，蔡翘在肝糖原新陈代谢方面，汪敬熙和张宗汉等人在中枢神经生理方面，赵以炳在冬眠方面分别进行了研究。汪堃仁用组织化学方法研究酶的定位，王志均在胃肠刺激，吴襄在调查中国人的生理常数等方面都有起始性的工作。

在遗传学方面，陈桢对金鱼变异和品种形成规律做了系统研究，发表多篇有影响的论文。谈家桢提出了瓢虫色斑变异的嵌镶显性理论，并做了果蝇的进化遗传学研究。他们和李汝祺等人在传播现代遗传学理论和培养人才上都做了不少工作。在植物学方面，从事植物形态学研究的首推张景钺，发表了关于蕨类组织研究的论文（1926 年）。李继侗和殷宏章在1927 年用气泡计数法发现光合作用的瞬间效应，这是光合机理有两个光反应的先驱性的发现。罗宗洛从1927 年起在植物矿质营养和微量元素方面做了很多研究。1931 年汤佩松发表了关于在不同空气供给情况下小麦发芽的论文。在微生物学方面，方心芳、谢少文也做了不少研究，特别值得提出来的是汤飞凡在1928 年与秦瑟研制出一系列不同孔径大小的醋酸火棉胶滤膜，1929 年开始研究的沙眼病毒，以及1937 年与魏曦合作首次提出支原体发育时期中有形态不同的5 个阶段，这些都是病毒学研究中的经典工作。1943 年在昆明他利用自己分离的菌种建立了青霉素车间，研制出我国第一批青霉素，为我国抗生素事业打下了基础。

清末时我国东北鼠疫流行，伍连德组建了哈尔滨东北鼠疫防治所，1923 年首次报道了旱獭蚤类传播鼠疫。柳支英于1936 年最早发表我国蚤类名录。伍长耀等、伍连德等分别于1936、1937 年先后发表英中文版的《鼠疫概论》专著，具极大的参考价值。

二、生物学的研究机构及刊物

中国第一个生物学研究机构是由中国科学社委托秉志、胡先骕和杨铨（杏佛）等人于1922 年在南京创办的中国科学社生物研究所。“中国科学社”首先是留美学生1914 年在美国发起筹备的，1915 年1 月在国内发行《科学》杂志，同年

10 月正式成立的。秉志也是发起人之一。其宗旨是传播科学知识，提倡在中国开展科学工作。1918 年，中国科学社总部由美国迁至上海，后又迁至南京。生物研究所成立后的第一任所长为秉志，研究所分动物学和植物学两个学部，秉志兼动物学部主任，胡先骕任植物学部主任（后由钱崇澍继任）。研究所着重做动植物的调查与人类学的研究，也进行一些形态解剖、生理和生化的研究，以及培养人才和普及推广科研成果工作。1925 年起研究所出版了《中国科学社生物研究所丛刊》。丛刊于1930 年起又分为动物和植物两部。到1942 年止，分别刊登了100 多篇研究论文，是中国当时少数几个具国际影响的学术刊物之一。

1928 年，中华教育文化基金会支持尚志学会在北京范静生故居建立了静生生物调查所。秉志任所长，并由他和胡先骕分别主持动物部和植物部的工作。研究任务以调查中国北方的动植物为主，采集了大量动植物标本，这些标本主要保存在现在的中国科学院动物研究所和植物研究所中，成为珍藏的财富。该所有出版物《静生生物调查所汇报》。1933 年在胡先骕倡导下，静生生物调查所与江西农业院合作创办庐山森林植物园，由秦仁昌任主任。

1929 年刘慎谔留法回国，创建北平研究院植物研究所，并任所长。该所侧重植物分类学与植物地理学研究。1931 年创刊《国立北平研究院植物学研究所丛刊》。同年北平研究院建立动物研究所，主要任务是调查北方沿海动物并进行分类研究，所长为陆鼎恒。1932 年北平研究院又在北平建立了生理研究所，研究方向除进行生理学、细胞学研究外，还开展中药的生理作用研究，先后主持工作的有经利彬和朱洗。

1929 年，中央研究院在南京成立了自然历史博物馆，秦仁昌与蒋英先后任该馆植物部主任。同年创刊《国立中央研究院自然历史博物馆特刊》即*Sinensia*。1934 年该馆改名为动植物研究所，植物部主任为裴鉴，着重植物分类学的研究。刊物也改名为《国立中央研究院动植物研究所专刊》。该所1944 年分为动物研究所和植物研究所。动物研究所所长为王家楫，该所研究重点是鱼类生物学、昆虫学、原生动物学和实验动物学；植物研究所所长是罗宗洛，该所研究重点是高等植物分类学、植物生理学、中国重要的林木培养等。1944 年中央研究院又在重庆建立了医学研究所筹备处，1946 年迁至上海，主任为林可胜，代理主任为冯德培。

1931 年，中国西部科学院在重庆北碚成立了生物研究所，成为调查西部地区动植物的基地。

以上先后建立的生物学研究机构和在南京的中央卫生实验院、中央农业实验所，以及许多大学的生物学系、博物馆、植物园以及江苏、浙江、河北、江西、湖南的昆虫局的研究力量彼此合作，做了许多基础性的工作，特别是对中国动植物调查和分类研究，做出了重大贡献。

1921 年秉志在南京高等师范学校建立了第一个由中国学者主持的大学生物学系后，各大学的生物学系纷纷建立。一批生物学家在各大学的生物学系、地质系和医学院、农学院有关学科的创办和建设中，做出了重大贡献。他们中的一部分在研究所工作又在大学兼任教授。这批生物学家中有在北京大学工作的钟观光（植物分类学）、张景钺（植物形态解剖学）、杨钟健（古生物学）、林镕（植物分类学）、雍克昌（细胞学）、崔之兰（组织学），在清华大学的有吴韫珍（植物分类学）、陈桢（遗传学）、李继侗（植物生态学、植物生理学）、戴芳澜（真菌学）、汤佩松（植物生理学）、赵以炳（生理学），在燕京大学有胡经甫（昆虫学）、李汝祺（遗传学）等，在北京协和医学院有林可胜（生理学）、张锡钧（生理学）、吴宪（生物化学）、马文昭（组织胚胎学）、冯兰洲（寄生虫学），在中央大学有秉志（动物学）、胡先骕（植物分类学）、钱崇澍（植物分类学）、伍献文（鱼类学）、蔡翘（生理学），在浙江大学有贝时璋（实验生物学）、罗宗洛（植物生理学）、张肇骞（植物分类学）、蔡邦华（昆虫学）、谈家桢（遗传学），在武汉大学有张珽（植物生理学）、高尚荫（病毒学），在山东大学有童第周（实验生物学），在中山大学有陈焕镛（植物分类学）、朱洗（实验生物学）、张作人（原生动物学）等等。大学生物学系既是培养人才的基地，也是生物学研究的主要基地，对中国生物学的发展有着重大的作用及深远的影响。这段时期，个别的大学也办研究所，如中山大学农林植物研究所于1927 年在广州成立，由陈焕镛任所长，着重对华南各省植物的研究，收集大量标本，尤以海南岛地区标本为珍贵。该所1930 年还创刊《国立中山大学农林植物研究所专刊》（*Sunyatsenia*）。

此外，各个学会、博物馆以及各省的昆虫局等也创办有关生物学的刊物，其中有影响的如1919 年创办的《博物杂志》以及《浙江省昆虫局丛刊》、《昆虫与植病》、1927 年初创刊的英文版《中国生理学杂志》、1934 年创办的《中国植物学杂志》等等。到抗日战争前，生物学各个方面都得到很大的发展。

1937 年日本帝国主义侵略中国，对我国的生物学发展是沉重的打击。国内大部分科研机构和大学被迫西迁。中国科学社生物研究所迁往重庆北碚。北平研究院植物学研究所在战争爆发的第一年即迁往陕西武功，动物研究所迁往云南昆明。中央研究院动植物研究所，先迁往广西阳朔，后又到重庆北碚。未搬迁的静生生物调查所成为日寇筱田部队的大本营。在抗日战争期间，图书资料、仪器设备、动植物标本大量损坏遗失，损失惨重。大批生物学家面临缺乏设备和科研经费的困境，甚至生活都极端艰难，但他们仍然坚持工作，一旦安定下来，就尽可能结合当地地区特点开展研究，并取得一批成果。

总之，20 世纪的上半叶近50 年的时间内，中国社会动荡不安，民族灾难深重，科学研究和教育事业所需的仪器设备和经费资助都极端缺乏。可就在这样的条件

下，中国的生物学家艰苦奋斗，在生物科学的科学研究、教学事业及人才培养方面都做出卓越的贡献，为今后生物学的发展打下了很坚实的基础。

三、发生的学术事件

自20年代末到1937年抗日战争爆发前的几年，可以说是中国生物学发展的兴旺时期。胡先骕在《中国植物学杂志》发刊辞上有一段精辟的话足以证明："专研植物分类学之研究所有四，此外尚有各大学之研究标本室，遂使斯学之进步，有一日千里之势，分类学专家已有多人，皆能独立研究，不徒赖国外专家之臂助。关于中国蕨类植物之研究，且驾多数欧美学者而上之。在具普遍性之形态学、生理学、细胞学诸学科，亦有卓越之贡献。此种长足之进步，殆非20年前所能梦见者也。"

也就在这段时期内，国内发生了两起值得提出的学术事件。一起是"部分生理学家同分类学家、形态学家的论战"，另一起为"生物自然发生说的公开辩论"。

"部分生理学家同分类学家、形态学家的论战"发生在1932年下半年起至1936年，论战持续近5年之久，被有的学者称之为"实验派"与"调查派"的论战。事由起因是在胡适主编的《独立评论》1932年第12号上发表了生理学家、心理学家汪敬熙的"中国今日之生物学界"一文。其主要观点为，世界生物学发展趋势是重视加强实验生物学，而中国太偏重分类学和形态学。这是中国学术落后的表现，是一种不健康的眼光短浅的策略。这种策略定于几个人研究兴趣的偏向。在同年《独立评论》第15号上发表了胡先骕的"与汪敬熙先生论中国今日之生物学界"以及汪振儒的"读了'中国今日之生物学界'之后"，对汪敬熙的论点提出异议。之后，生理学家张锡钧等，形态学家秉志、张景钺与分类学家张孟闻、杨惟义等，都分别参与了论战。

参与论战的生理学家的主要论点有二：其一是科学的发展一般是先描述，后实验。实验生物学呈上升趋势，分类学则趋于衰颓。理论上和应用上许多问题的解决，都依赖于实验生物学的研究。世界生物学上的重大进步与突破，都是实验生物学发展的结果。其二是国内人力经费偏重于分类学、形态学，应该分出一部分支持实验生物学。中国已有实验生物学萌芽，如有意提倡，进步就会快得多。而参与论战的分类学家与形态学家的论点也是两点：其一是科学发展应循序渐进，西洋各国曾经经历的逐渐发达秩序，中国亦不能例外。分类学与形态学是生物学的基础。国外生理学研究有增进现象，而分类学、形态学的工作未见衰退，而且已开始应用实验方法于研究分类学与形态学。其二是就国情而言，生物调查与分类研究，是中国生物学发展与生物资源利用的基础。中国的生物资源应由中国人自己研究，现在的工作不是太多，而是以十倍于今日之人力财力尚不足以应付。中国科学落后，几可云无一种科学不重要，不可轻为论列孰为首要，孰为次要，孰

宜奖励，孰宜节制。

论战虽然持续时间很长，但不可能有结论，正如当时的名人翁文灏指出的，政局不稳，国家对科学发展没有统筹能力，个人因素决定科学方向，这种偏重是无可奈何的，不是任何人的过失。

另一场学术事件是对所谓“生物自然发生说”的公开论战，这实际上是对伪科学的公开谴责。事由发生在1930 年由法国留学回国的光华医学院教授罗广庭，他自称经3 年研究后证明生物可以不依赖“种子”也能自然发生。他宣称，巴斯德学说被推翻了，达尔文的进化论失去了根据。他铅印了《生物自然发生之发明》，并于1933 年3 月和4 月先后在广州《民国日报》和上海《东方杂志》(第30 卷第8 号）发表“用真凭实据来答复进化论者”，并在广州展览会展出其“发明”。接着，河南大学生物学系教授陆选之发表了支持罗广庭的文章“用最新结果研讨进化论”。这些文章造成很坏的后果，许多中学生认为既然生物会自然发生，就没有必要学习进化论等现代生物学知识。巴金在《中学生》杂志发表长文“关于生物自然发生之发明”，呼吁救救青年，并无奈哀叹“有谁来回答这个要求呢”。于是，中山大学生物学系董爽秋、张作人、朱洗、费鸿年，地质系张席禔，医学院林椿年、池正等7 教授，联名上书中山大学校长，转请有关部门出面主持公开辩论和公开重复实验。1933 年6 月27 日，教育改革委员会委托邓植仪在中山大学礼堂主持辩论会。罗广庭介绍其“发明”后，中大教授就学术论点、实验方法与结果，一一质疑，罗广庭均无以回答。大会决定由会议主席、中大7 教授与罗广庭三方各推荐3 名专家组成实验生物自然发生监督委员会，主持公开重复实验。公开重复实验于7 月23 日～25 日和8 月11 日分两批在广州市卫生局检验所进行。由罗广庭按自己选定的目标和方法，在两个月内让干酪虫（一种节肢动物）自然发生，亲自操作，经监督委员会加封后交检验所保管。但两批实验均以失败告终。监督委员会向教育改革委员会报告，罗广庭的自然发生说在学理上与实验上均无根据，无存在价值。

李森科主义统治生物学时期

1949 年到1956 年期间，全面学习苏联的政治口号深刻地影响到生物学这门自然科学的发展。李森科1948 年在全苏列宁农业科学院会议上的报告“论生物科学状况”于1949 年就译成中文，并大量发行。大学生物学系、农学院、医学院等大专院校的师生都必须认真学习。1950 年起，有相当一批李森科追随者，如努日金、伊万诺夫等作为苏联专家来到中国讲学，开讲习班，他们大量宣传李森科主义，批判摩尔根遗传学。1952 年6 月29 日的《人民日报》发表了题为“为坚持生物科学的米丘林方向而斗争”，号召“关于摩尔根主义对旧生物学、旧遗传学的影

响，需要继续展开系统的批判”。文章的主体分五部分，其中一、二、三、五部分高度评价了李森科的“米丘林生物学”，说“米丘林生物科学是自觉而彻底地将马克思列宁主义应用于生物科学的伟大成就”，“米丘林生物学不是生物学中的一个部门，而是生物科学的根本变革”，“米丘林生物学的伟大，在于它彻头彻尾为提高农业生产、改造自然服务”。文章要求全面系统地贯彻“米丘林生物学”，并以此来“改造生物学的各部门”，“彻底改造旧生物学、细胞学、胚胎学、微生物学等生物科学的各个部门”，“要从批判旧生物学、旧遗传学的工作中来学习米丘林生物科学”，批判“摩尔根之辈的关于染色体理论的伪科学”和“神秘的遗传基因”，“大学生物学系应把各种课程彻底地加以改革，要认真地把纯系理论加以彻底批判，生物统计、生态学部门的有害部分也要予以批判”等等。这篇文章在中国共产党的机关报上刊登，引起了各方的高度重视，都作为指导性文章进行贯彻。当时又正值知识分子思想政治运动高潮时期，一些知名的遗传学家、农学家都作公开检讨。大学遗传学课程一律停开，遗传学研究全面停顿，大学遗传学教师改教其他课程。更有甚者，国内还发生了几起因听随了李森科追随者意见而把我国遗传育种学家多年来积累起来的育种原材料全部毁掉的事件，如四川就发生铲掉遗传育种学家鲍文奎的多倍体育种田的事件。

实际上当时在苏联国内对李森科主义也已开始有争论，1952 年苏联《植物学杂志》最后一期上刊登了两篇批判李森科关于生物种新见解的文章。国内也有正直的知识分子坚持自己的学术观点，典型的例子是我国植物学的奠基人之一胡先骕，1955 年3 月高教出版社出版了他的《植物分类学简编》一书。书中在讨论物种与物种形成时，批判了李森科1950 年发表的“科学中关于生物种的新见解”，指出“李森科关于生物种的新见解在初发表的时候，由于政治的力量支持，一时颇为风行。接着便有若干植物学工作者发表论文来支持他的学说：报告黑麦‘产生’雀麦，橡胶‘产生’无胶蒲公英，作物‘产生’杂草，白桦‘产生’水杨，鹅耳枥‘产生’榛，松‘产生’枞，甚至向日葵‘产生’寄生植物列当。但不久即引起了苏联植物界广泛的批评”。书中进一步指出，“……苏联《植物学杂志》编辑部根据大量论文所提供的资料与论据，发表了一篇‘物种与物种形成问题的若干结论及其今后的任务’。这篇论文认为李森科观点的拥护者犯错误的最主要原因在于实际材料的局限，以及没有利用关于物种及物种形成的极其不同并且相当具体的知识……他们进行实验的方法水平很低，研究得不够精确和不足为据。……李森科忽视了祖国和外国研究者的已有的一切经验，显示出他以不可容忍的虚无主义的态度对待像分类学这样的生物学部门。这篇论文还指出了李森科的新学说对于动植物选种、农业工作者与杂草做斗争，以及植物学、资源学、森林学、苔原学、地层学各种科学实践都有害处，因此须予以根本否认。这场争论在近代

生物学史上十分重要。我国的生物学工作者，尤其是植物分类学工作者必须有深刻的认识，才不至于被引入迷途。”

正确的学术观点，却受到了严重的政治压力。首先出于当时在高教部工作的“苏联专家”就此书提出严重抗议，认为“这是对苏联在政治上的污蔑”。北京农业大学有几位教师给高教出版社写信，批判这本书（指胡先骕的《植物分类学简编》）“有严重的政治错误”，并按照苏联的调子，指责胡先骕诋毁苏联共产党和政府，反对共产党领导科学，是个唯心的形而上学的孟德尔—摩尔根主义者，要求出版社停止出售该书并进行检讨，要求胡先骕作公开检讨，要求中国科学院加强学术思想批判。而当时的中共中央中宣部混淆了学术观点与政治问题的界线，按着“学习苏联”、“学习李森科”的路子，错误地把胡先骕这段正确的学术论述当做严重的政治错误，认为应组织批判。在1955 年10 月28～31 日召开的纪念米丘林诞生一百周年的纪念活动中，大会小会指名批判胡先骕的正确的学术观点，并在1955 年11 月1 日的《人民日报》报道纪念会文章中，不点名地批判了“反米丘林思想”。但胡先骕未作公开检讨。

李森科主义错误地统治中国的生物科学的时期一直延续到1956 年的“青岛遗传学座谈会”。1956 年4 月，李森科被迫辞去他已任20 年的全苏列宁农业科学院院长的职务。同时苏联科学院宣布恢复1940 年被捕、1943 年死于狱中、被国际遗传学界普遍尊重的苏联植物遗传学家瓦维洛夫的名誉。中国遗传学家知道后思想也活跃起来，开始谈出了多年不敢谈的意见。1956 年4 月，一个中共代表团参加东德统一工人党代表大会归来后给毛泽东的报告中提到，东德对待遗传学家不同于苏联，摩尔根学派的育种学家培育出的品种对国家很有贡献。毛泽东在1956 年4 月28 日中共中央政治局扩大会议上提出“百花齐放、百家争鸣”是发展艺术和科学的根本方针。5 月2 日，毛泽东又在最高国务会议上讲话，向党外公开了这个方针。5 月26 日陆定一应当时中国科学院院长郭沫若邀请，向科技和文艺界做了题为“百花齐放、百家争鸣”的报告。报告中谈到遗传学的两派之争，认为过去那种支持李森科学派、压制摩尔根学派的做法是不对的。报告还强调争鸣要以研究工作为基础；对待不同的学术意见，要采取自由讨论的方法，反对采取行政命令的方法；应当允许被批评者进行反批评；强调自然科学没有阶级性，反对贴阶级的和政治的标签，等等。会后召集中宣部、中国科学院及高等教育部共商如何针对遗传学存在的问题，开展学术上的自由讨论。经过一段时间筹备，在中国生物学发展历史上一次重要的会议——“青岛遗传学座谈会”于1956 年8 月10 日至25 日在青岛召开。座谈会由中国科学院生物学、地学部副主任童第周主持，中国科学院副院长竺可桢、高教部农林教育司副司长周家炽、中宣部科学处处长于光远参加了会议。生物学界中，两个学派的代表人物都出席了会议。会上有生物学

家53 人发言。讨论的专题有：遗传的物质基础、遗传变异与环境的关系、遗传与个体和系统发育的关系，以及遗传的研究和教学等。于光远阐述区分学术问题与政治问题的重要性；明确表示不赞成李森科的“偶然性是科学的敌人”的哲学命题。摩尔根学派的遗传学家在会议上理直气壮地陈述了自己的学术见解，举出大量经过科学实验证明的事实。李森科学派的学者们在坚持自己观点的同时，也批评了李森科的某些错误。会议气氛热烈，大家摆事实、讲道理，各抒己见，畅所欲言。座谈会后，教学与研究的大门向摩尔根遗传学敞开。此外，会后毛泽东还专门接见了遗传学家谈家桢，有关领导人士还专门向由于在《植物分类学简编》一书中论述自己学术观点而受到批判的胡先骕赔礼道歉。他的著作也允许出售。

1949 年后，在学习苏联的思想指导下，除李森科主义作为指导思想统治了整个生物科学外，在生理学领域中还大力推广巴甫洛夫的条件反射学说以及细胞学界大力推广勒伯辛斯卡娅的学说。我们先不去评论这些学说本身的正确与否，但这种指导方针本身，是一种对自然科学贴上政治标签，对不同学术观点不采取自由讨论而采取行政命令，压制受批评者反批评的方针。这种方针严重地压制了中国生物科学的发展长达7 年之久。而也就在这段时期，即1953 年，Watson 和Crick 发表了DNA 双螺旋结构的学说，生物科学正逐渐走向在分子水平上来阐明生命现象本质，全面改变生物科学的面貌。因此今天再来评估“青岛遗传学座谈会”的重要历史意义时，可以认为这次会议开始打碎了架在生物科学工作者精神上的枷锁，使生物科学开始走上健康发展的道路。

DNA 双螺旋结构的发现及其对包括我国在内的生物学发展的影响

1953 年4 月25 日 Watson 和Crick 在英国的*Nature* 上发表一篇短文，题为“核酸分子结构——脱氧核糖核酸的结构”，提出了一种新的脱氧核糖核酸（DNA）结构模型。该模型认为，DNA 是双链分子，两条链走向相反，糖－磷酸组成分子的骨架，磷酸基朝外，朝内的碱基通过A－T 和G－C 碱基配对，生成以“右手双螺旋”为特征的DNA 结构，并提出满足该模型的一系列分子参数。该模型的提出，基本符合当时其他研究组和他们自己得到的实验结果。Watson 和Crick 因而预测，DNA 分子中一条链的碱基顺序看来没有受到任何限制，然而，一条链的碱基顺序确定后，那么另一条链的碱基顺序就自动确定了。同时预言，碱基的特定配对方式直接提示了遗传物质（即DNA）的一种“可能的”拷贝机制。其后，Watson 和Crick 的预言完全被证实：这种拷贝机制就是通过“半保留复制”方式进行的，使生物得以忠实地遗传；DNA 分子中一些核苷酸的改变，可能产生变异；60 年代“中心法则”（DNA→RNA→蛋白质）的提出及转录和翻译机制的阐明，生长和发育等生命现象得到圆满的解释，这些都无不归功于DNA 双螺旋模型的

建立。

在20 世纪50 年代，除了发现DNA 双螺旋结构外，还有关于蛋白质的开创性研究，如胰岛素的一级结构的确定，开始用X-衍射技术分析一些蛋白质的空间结构等。这样，就逐渐地形成了一门生物学中独立的分支学科——分子生物学。分子生物学是一门在分子水平上研究作为生命活动主要物质基础的生物大分子的结构与功能，从而阐明生命现象本质的科学。半个世纪以来，分子生物学逐渐渗透到生物学的许多分支学科，全面地改变了生物学的面貌，使传统的生物学研究转变为现代实验科学。生物学中一些经典的分支学科与分子生物学相结合，应用分子生物学的原理和技术，进入了分子研究阶段，从而更深刻地说明和阐明生命现象的本质，因而，出现了许多新的生物学分支学科。例如，在分子水平上对细胞、遗传、发育、神经、免疫、病理等生命现象进行研究，诞生了分子细胞生物学、分子遗传学、分子发育生物学、分子神经生物学、分子免疫学、分子病理学等。应用分子生物学的研究手段于一些宏观学科，也诞生了分子进化生物学、分子系统分类学、分子生态学等。此外，分子生物学大大促进生物技术的飞快发展。20 世纪70 年代通过DNA 重组而实现的基因工程，及其后的蛋白质工程的形成和发展，90 年代“人类基因组计划”以及其他一些生物类别的基因组计划的启动和突破，基因诊断和治疗的应用和推广，转基因动物和植物的获得，都与分子生物学的发展和完善有着千丝万缕的密切关系。

可以毫不夸张地说，分子生物学的兴起与发展，在世界范围内冲击了整个生物学的理论和应用研究，开创了近代生物学的新时代。分子生物学的诞生和发展潮流，同样影响着我国生物学研究的各个领域。20 世纪的后半期，特别是近20 年来，我国遵循这条生物学研究的发展规律，制定各类科学研究计划，在生物学的各个领域取得不少成绩。这充分体现在国家自然科学基金委员会、中国科学院及各个部委实施的重大和重点生命科学研究项目，以及由科技部组织的“863”和“973”发展生物技术计划中。虽然分子生物学的主导地位不容置疑，但是考虑生物学的整体性，并不因而忽略和排斥对除生物大分子外的其他生命物质的研究(其实，许多这些物质也参与或影响生物大分子行使生物功能)，也不应放弃发展传统的生物学理论和应用传统的研究方法。但是，即使一些传统的宏观生物学问题，除保留其特有的研究手段外，也已应用分子生物学的原理和实验方法，以求微观研究和宏观研究得到紧密的结合。

“向科学进军”口号唤起中国生物学的发展

1949 年后，政府非常重视生物学的发展，一方面生物学研究的机构很快恢复或建立，大专院校生物学系也陆续恢复。除了让在国内的老一辈学有专长的生物

学家尽快开展教学与科研外，还大力争取了一批在国外工作的中国学者回国参加建设。政府适时地提出“向科学进军”的口号，唤起了中国生物学的发展。当然，对“李森科主义”的否定、青岛遗传学座谈会的召开，以及“百花齐放、百家争鸣”方针的实施都起到了重要的作用。

此外，在这段时期内首次颁发的中国科学院自然科学奖、中国科学院学部的成立以及《1956～1967年科学技术发展远景规划纲要》的制订也都是为推动中国科学的发展而采取的有力措施。对生物科学工作者来说，明确奋斗目标，激励努力工作，从而推动生物科学的迅速发展起到了积极的作用。

一、1949～1975年生物学各分支学科的研究进展

植物学

1949年后植物学及各分支学科的课程在大专院校的生物学系都开始开设，各分支学科的研究工作也积极地开展起来。

植物形态学与解剖学的工作在1949年后相当一段时间内停留在解剖镜、显微镜水平上。但先后在粮食作物、纤维植物、橡胶植物、树脂植物、蜜源植物（蜜腺和腺毛）、药用植物等植物进行了形态构造与发育解剖的研究，尤其是对禾谷类重要粮食作物有性生殖器官的发生与分化规律的研究，为粮食作物的高产和合理栽培管理措施提供了重要的科学依据。在木材解剖方面，研究工作开始较早，《云南热带材及亚热带材》、《中国主要木材构造》等专著相继出版。对我国特有或珍稀濒危植物，多数集中在如松属、云杉属等裸子植物，进行比较解剖学研究，以探讨其分类位置和系统发育的规律。在孢粉形态方面，50年代初就发表了我国第一篇有关花粉形态的术语及研究方法的文章，1960年王伏雄等主编的《中国植物花粉形态》一书出版。这部专著不仅对生物学工作者，而且对地质工作者，都是一本重要的参考书。在植物胚胎学方面，50～60年代时研究人员和研究课题屈指可数，仅有王伏雄开展的比较胚胎学和吴素萱指导的杂交胚胎学的研究。

植物资源学的课程是北京大学沈霭如在1954年根据原苏联的一些文献首先开设的，后来云南大学生物学系也设立了植物资源专业。1958年4月，国务院发出“关于利用和收集我国野生植物原料的指示”，从而推动了大规模的植物资源普查和有用成分分析。由52个单位协作编写了《中国经济植物志》上下册。1966年又开始了中草药群众运动，编写了《全国中草药汇编》。各地方经济植物志、中药志、药用植物志，以及油料植物、造纸植物和有毒植物等各类植物方面的书籍如雨后春笋般地在50～60年代出版。

50年代开始对湖泊、水库和某些河流进行了广泛的调查。不仅收集到大量淡水藻的标本，并明确了我国长江以南的种类和印度—马来西亚的区系组成在地理分布上有密切的关系。饶钦止等撰写的《湖泊调查基本知识》（1956）是我国第一

本湖泊调查的综合性参考书。朱树屏等及黎尚豪等从开辟食物和饲料来源的角度进行了单细胞绿藻、硅藻及蓝藻等的大量培养试验，获得了很多实验成果。

海藻学方面，1958～1959年做了大规模海洋普查，对我国沿海海藻区系做了分析。突出的贡献有曾呈奎、张德瑞对甘紫菜（*Porphyra tenera*）生活史研究，发现甘紫菜是由叶状体阶段和丝状体阶段交替发生构成的，弄清了长期以来“孢子来源”不明的理论问题，获1957年中国科学院自然科学奖（中国第一次全国最高科学奖）三等奖。1962年还出版了曾呈奎主编的《中国经济海藻志》。

真菌学方面，在1949年前的基础已经较好，有一批老一辈的真菌学家，如戴芳澜、邓叔群、王云章、魏景超、裘维蕃等。在真菌的分类及结合植物病害方面做了大量的工作，培养了一批年轻的真菌学家。邓叔群撰写的《蘑菇谱》，其中有600多种可食及有毒的蘑菇，内容丰富，包括食用菇营养价值，毒菇的类型、毒素特性、中毒症状、解毒方法等。其他代表作还有邓叔群1964年发表的专著《中国的真菌》。

地衣学在1949年前研究工作很少，最早采集中国地衣标本的是1929年钟心煊在福建，1929～1934年刘慎谔在香港、山东等地进行的。1932年，钱崇澍发表的“南京钟山岩石植被”一文首次发表了由美国学者定名的含15个地衣分类群的论文。到1935年朱彦承发表了以他自己定名的标本为基础的论文“中国地衣初步研究”。1949年到1966年研究地衣的科学工作者寥若晨星，仅有陆定安在1958年及1959年发表了“中国地衣札记1，地卷属”和“中国地衣札记2，石耳科”，以及赵继鼎1964年及魏江春1966年的两篇论文。

在这段时期内吴素萱在植物细胞学方面有两项突出的成就，即植物细胞核穿壁及细胞核更新现象。吴素萱等用多种实验手段证实了细胞核穿壁不仅在植物体细胞间甚至性器官的花粉母细胞等组织都能进行，证实核穿壁是植物固有的正常生理现象。1956年吴素萱发表了“细胞核的更新现象”，她用组织和细胞化学的手段就提出了RNA可向DNA方向发展的推论。现在用分子生物学的观点可认为这种推论的一部分已经得到证明。

动物学

1949年后无脊椎动物学的研究有了迅速的进展。通过多次资源调查，取得数百万号标本，填补了许多空白的门类，如轮虫、蛭类、缓步动物、多毛类、伪蝎类和多足类等等；结合医学研究病原体、传染媒介、寄生虫的生物学和流行病学，为重大寄生虫病（如血吸虫病、钩虫病、黑热病）的防治做出贡献；对农林业害虫（如蝗虫、螟虫、松毛虫等）的预测预报和防治，以及对害虫天敌的培育和利用；在渔业和畜牧业增产方面对致病无脊椎动物的防治，以及虾、蟹、贝类的增产研究；工业用、药用、观赏用无脊椎动物的生物学研究和培育；利用微型动物

进行污染监测和废水的生物处理；动物分泌物，如蝎毒、蜘蛛毒的分析和毒素测定，多种昆虫性外激素的测定和合成以及在害虫防治中的应用；应用电镜等技术研究无脊椎动物超微结构的系统发生；以及利用原生动物为材料，在研究核质关系和有性生殖过程诱发机制等方面取得成果。在这十几年内，上述各方面研究都全面铺开，并取得一定成果。

脊椎动物学方面，在鱼类、两栖类、爬行类、鸟类、兽类及灵长类各个分支领域也都全面开展工作。在比较解剖学方面有卢于道、张鹤宇等对大熊猫的器官系统比较研究，朱靖关于鼯鼠前肢对滑翔运动的适应研究。在国际上我国首创青、草、鲢、鳙等鱼的人工繁殖，解决了湖泊放流和池塘养殖对种鱼的大量需要。在家鱼的人工排卵受精方面，钟麟、朱洗等先后使用了鱼脑垂体激素和孕妇尿液中提取的绒毛膜促性腺激素进行人工催产受精获得成功。两栖爬行类方面，刘承钊夫妇合著的《中国无尾两栖类》是这个时期的杰作。此外还有胡步青等的《浙江蛇类志》(1959) 及张孟闻等的《黑龙江省爬行动物志》。在灵长类形态解剖方面，1959 年刘诗峰等发表了对川金丝猴齿式和头骨标本的测量。

微生物学

1949 年前，我国微生物学的研究仅是小规模而零星的工作，谈不上有自己的研究体系。1949 年后的第一个十年，微生物学的发展极为迅速，建立了一批研究单位和抗生素、酒精、丙酮、丁醇等发酵生产工厂，重点大学创设了微生物学专业。利用有益微生物选育了一批优良菌种，促进了工业（如医药工业、发酵工业）和农业的发展。筛选出了一些抗生素用于人的疾病和动植物的病害防治，推广细菌肥料，根瘤菌人工接种技术也开始推广，并开始了石油和地质微生物的研究。开始系统研究病害流行规律和病毒变异，大规模制造疫苗。主要农作物病害的侵染途径、流行规律、预测预报、大面积防治及病原菌生理生化特性与抗病育种研究全面开展。此外，在兽医微生物与工业材料防霉等研究方面也开始得到重视。

在理论研究方面也初步开始，其中金霉素产生菌金色链霉菌的代谢和白地霉的戊糖代谢研究取得较高水平的成果。

病毒学方面，我国有高尚荫、汤飞凡、黄桢祥和朱既明等老一辈科学家，他们为1949 年以后病毒学全面发展打下了基础。50 年代后黄桢祥主持的乙型脑炎病毒和麻疹病毒及其疫苗的研制工作，以及朱既明等对流感病毒的研究，都处于国际领先地位。1955 年高尚荫编撰了《显微镜下的病毒》一书，1959 年创立了用单层细胞培养昆虫病毒的方法，被认为是昆虫病毒研究上的重要突破。这阶段在医学病毒学也开展了工作；兽医病毒学研究，袁庆志等1955 年在全国范围内消灭了牛瘟；植物病毒学60 年代前以病毒调查和鉴定为主，发现了100 种以上的植物

病毒；噬菌体的研究队伍50年代后才开始培养。这一阶段的研究为后来的发展，在人才、设备及科研工作方面做了很好的准备。

分类学

1949年前中国在生物学研究领域中分类学基础是最好的，分类学家也是最多的。在过去中央研究院、北平研究院及静生生物调查所等有关单位的基础上，中国科学院在北京、上海、南京等地纷纷成立植物分类研究所（后改为植物研究所）、动物研究所、水生生物研究所、古生物研究所等。有的研究所，如植物所在南京、庐山、昆明、武功等地还设立工作站，以后这些工作站也都独立成为研究所。各大学生物学系的分类学的研究工作也开始恢复，在机构设置上首先保证了研究工作的开展。

分类学是生物资源利用的基础，也是生物学其他领域研究的重要基础之一。因国家建设的需要，在50～60年代培养了一大批分类学的人才。这批当时的年轻骨干通过参加大量野外考察以及室内研究，成为20世纪后半叶分类学研究的重要骨干。

为了摸清家底，了解我国生物资源的分布情况，从50年代起中国科学院和有关部委有计划地组织了大规模、多学科、长时期的综合考察，其中分类区系考察为重要的内容，地域几乎遍及全国各地。其中较大规模的考察有1953～1957年的黄渤海鱼类调查，东北兽类考察，1955年与前苏联合作的云南南部生物资源调查，1957～1960年的川西、滇北南水北调综合考察，云南热带生物资源综合考察和华南热带生物资源综合考察，以及1958～1960年的新疆综合考察等等。通过考察取得了大量第一手资料及标本，填补了很多生物门类的空白，发表了大量的新种、亚种及新记录。

1950年起，植物分类学家就开始要编纂《中国植物志》。经多年的筹备，《中国植物志》编委会在1959年成立，挂靠中国科学院植物研究所。1962年《中国动物志》编委会相继成立，挂靠中国科学院动物研究所。《中国孢子植物志》编委会也在1973年成立，挂靠中国科学院微生物研究所。《三志》工作一开始就得到中国科学院的资助。《中国植物志》编委会在秦仁昌为首的科学家领导下，终于完成了《中国植物志》蕨类植物第二卷，这是第一本出版的《中国植物志》。另一个较为突出的成果是1957年钟补求的“马先蒿属的一个新系统”获得了首次颁发的中国科学院自然科学奖（当时全国最高的科学奖）二等奖。此外，在这段时期还出版了大批考察报告、论文和专著。其中有《中国蚯蚓》(1956)，《中国鸟类分布名录》(第一册1955，第二册1958)，《黄渤海鱼类调查报告》(1955)，《台湾脊椎动物志》(1956)，《中国无尾两栖类》(1961)，《西藏综合考察论文集·水生生物及昆虫》(1964)，《中国鲤科鱼类志》(上，1964)，《中国海洋浮游桡足类》(1965)

等等。另外，还有大量其他分类学的出版物。

生态学

生态学是研究生物与环境间相互关系和相互作用的科学。生物本身是环境的一个部分，因此也包括了生物与生物之间作用的研究。到20 世纪后半叶，生态学的研究层次已从分子、细胞、器官、个体、种群、群落、生态系统、社会—经济—自然复合生态系统扩大到景观、生物圈、全球，直到宇宙生态学的水平。国际上60 年代的“国际生物学计划”（IBP）、70 年代的“人与生物圈计划”（IGBP）代表了国际生态学研究的进展。

1949～1976 年植物生态学的工作主要密切配合完成国家提出的各项任务。如橡胶宜林地勘察和热带生物资源考察，黄河中游水土保持，西北六省区沙漠治理，西部地区的南水北调，黑龙江流域土地资源勘察规划，东北林区森林资源及采伐更新考察，“三北”防护林工程，全国森林普查，华北及北方荒山造林，黄土高原水土保持，黄淮海平原旱涝、风沙、盐碱灾害综合治理，草地合理利用规划，全国自然区划，青藏高原综合考察以及横断山区考察等等。在华南、西南、华北、西北、东北各省区由中国科学院和中央有关部委组织了对森林、草地、荒漠等植被类型特点及其分布规律的大规模的考察。

生理生态学研究主要是以作物、经济林木、牧草和资源植物为主要对象，着重于个体的生理生态研究。对造林树种如红松、油松、马尾松、杨树、落叶松、杉木、蚬木、毛竹和泡桐等的生物学、生态学特性进行探讨。植物土壤化学成分相互关系方面，总结出中国境内酸性土、盐碱土、钙质土的指示植物。《中国境内酸性土、钙质土和盐碱土的指示植物》（侯学煜，1954）就是这方面的代表作。在植物群落学研究方面，主要是结合国家经济发展需要，对各省市及重点地区的植被做了不同深度的调查。侯学煜等所著的《中国的植被类型》（1956）、钱崇澍等的《中国植被区划草案》（1956）、《中国植被区划》（1960）、《中国的植被》（1960）是最早有关全国性植被及其区划的专著。

动物生态学的工作除了大规模的综合考察外，为解决当时严重的自然灾害，在根治东亚飞蝗危害以及粘虫的越冬与迁飞方面做了卓有成效的工作。“洪泽湖、微山湖蝗区研究工作概况介绍”（马世骏，1954）、“粘虫蛾迁飞的生理生态学背景”（马世骏，1963）及“几种粘虫的鉴别”（陈永林，1963）是当时的代表作。

古生物学

1949 年后，古生物学获得大发展。中国科学院于1953 年成立古脊椎动物研究室，1957 年扩大为研究所。地质、石油、煤炭、冶金等政府部门以及各省地质局都开始设立古生物研究机构，有关大专院校也成立古生物教研室。《中国古生物志》恢复出版，《古生物学报》和《古脊椎动物与古人类》以及相关的专刊、集刊

相继创刊。

停顿了近10 年的周口店“北京猿人”遗址的发掘工作得以恢复。1949 年后，全国大兴土木，陆续出土了不少人类化石。50 年代有四川资阳的头盖骨，河套地区、广西柳江、山西丁村、湖南长阳及广东马坝等地的体骨及牙齿，60 年代在陕西蓝田、云南元谋等地发现的下颌骨、头盖骨及门牙，这些标本使北京猿人不再是中国最早的人类，元谋的直立人成了我国迄今所知的最早人类的代表。70 年代在陕西大荔、山西许家窑以及湖北建始都相继发现早期智人的化石。

在古鱼类学方面，各个门类都有大量的发现，不少标本的内容构造保存得极为精美，成果不少。如对最原始的有颌脊椎动物——盾皮鱼类的研究有长足的进展，以及从50 年代起在东南沿海发现了大量中生代晚期鱼化石，为解决真骨鱼类的演化、分类及分布规律等问题提供了必要的依据。在古爬行类领域，50 年代起，在杨钟健领导下在山西发现了保存很好的二叠纪及三叠纪爬行类化石，种类众多。最早发现青岛龙和恐龙蛋化石的地点是山东莱阳。在这段时期，发现中国的恐龙化石地点遍布四方，从黑龙江畔到青藏高原，从山东半岛到新疆，从内蒙古草原到两广丘陵均有分布。在古哺乳动物方面，已初步确立了中国新生代各个阶段的代表性哺乳动物群的特征，并可用于进行洲际对比。在古植物学方面也做了大量工作，如用进化观点详细讨论和分析延长植物群对于东亚晚三叠世植物群的研究和对比都有很大意义。

实验生物学与细胞生物学

朱洗早在30～40 年代就开始关于卵的成熟和受精的研究，得到了一系列新的结论。他以蛙卵为材料，发现卵成熟分为不够成熟、适当成熟和过分成熟三个阶段，期间还有过渡阶段，成熟阶段不适当的卵，受精之后得不到良好的发育；并指出，受精应从三方面考虑，即卵本身的成熟程度、精子的成熟程度以及受精的环境条件。这些理论导致了他在50 年代育出了一批经过人工单性繁殖的“没有外祖父的小蟾蜍”；使蓖麻蚕在我国得到驯化和推广，1956 年和1959 年分别总结成两集《蓖麻蚕文集》，由科学出版社出版；以及家鱼人工繁殖获得成功，出版和发表了《家鱼人工生殖的研究》(1962)、“绒毛膜促性腺激素对草鱼卵巢排卵和卵球成熟的作用”（刘元楷等，1966）和《青鱼的人工繁殖》(1975) 等。

童第周领导的研究组进行文昌鱼的早期发育研究，通过实验胚胎学方法，获得的结果纠正了过去认为文昌鱼发育是镶嵌型的、没有调整作用、也没有诱导现象的错误观点；60～70 年代童第周的研究组进行鱼类和无脊椎动物的核移植研究，阐明了细胞核和细胞质在发育中的关系，成功地在金鱼和鳑鲏鱼同种间进行核移植，进一步在不同亚科间进行核移植，以及通过在细胞质环境影响下的细胞核返移植，说明细胞核在异种卵质中受到影响，改变了其功能和性质，因而得出

结论：在核质杂交鱼中，性状的出现不完全受细胞核的控制，细胞质也起作用。1989年出版的《童第周文集》和1998年在香港出版的《鱼类的克隆——核质杂种鱼》（严绍颐）收集和总结了童第周和严绍颐等的一系列工作。应国际刊物 *Development, Growth and Differentiation* 的邀请，严绍颐于1999年撰写了一篇综述：Contribution of late Professor T. C. Tung to the experimental embryology of Amphioxus，以纪念童第周逝世20周年。

庄孝僡在50～60年代进行胚胎诱导和分化研究，从哺乳动物肝脏中提纯一种中胚层诱导物质（碱性蛋白质），将该中胚层诱导物质与神经诱导物质按不同比例混合，观察到诱导出的神经系统区域性是由这两种物质的相对比例决定的，随着比例中中胚层诱导物质成分的增加，诱导出的构造的区域性从前头、经后头向躯干和尾部转变。中胚层物质诱导作用还表现出量的效应，浓度低时诱导出腹方构造（血细胞），随浓度增加逐渐出现侧方构造（原肾）和背方构造（脊索和体节）；还发现外胚层细胞对诱导刺激的反应随发育的进展而改变，随外胚层细胞的变老，诱导出的胚胎构造从背方构造（脊索、肌肉）逐渐转变为侧方构造和腹方构造（血细胞）。庄孝僡等在研究蝾螈肢体再生时，发现无神经的胚胎也能传导刺激，结果证明，在两栖类胚胎发育的一定阶段，当神经系统执行功能之前，胚胎表皮具有传导能力。

施履吉于50年代将染色质注射到细胞质内，发现可组装成细胞核，这是人工组装细胞核的开创性工作。他还证明核仁蛋白质内有一些成分参与中期染色体的形成，经过后期、末期最终回到核仁内，并命名为“染色体外周核仁蛋白”。翟中和等将病毒DNA、HeLa细胞DNA、植物细胞的DNA加入蛙卵母细胞提取液的非细胞系统，发现可组装成典型的细胞核，有双层被膜、核孔复合物、核骨架和核纤层。郝水等阐明核糖体rRNA基因的转录和复制是在纤维中心和密集纤维组分的交界处，及在密集纤维组分中进行。

1972年夏家辉在我国最早建立了中国人显带染色体模式图，1975年在世界上最早将人类染色体显带技术应用于肿瘤学研究，发现一条与鼻咽癌相关的标志染色体。

生理学

50年代以来，我国有许多神经生理学研究，当时，主要集中在周围神经、中枢神经系统、自主神经和感官的研究。冯德培在神经肌肉研究中，证明蛙坐骨神经的外膜是钾离子弥散的障碍；发现鸡前背阔肌去除神经支配后，慢肌出现肥大；同时证明，神经在一定程度上可改变肌肉的类型，而且这一来自神经的影响不依赖神经的冲动。张香桐在50年代就组织关于神经细胞培养的研究，使单个脑神经元存活达142天之久。我国科学家在无脊椎动物神经中发现跳跃传导，从而将跳

跃传导规律扩展到无脊椎动物；发现一种肺回缩感受器，证明脑干内侧网状结构的下行神经冲动在痛信号传递调节中起重要作用。

1962 年邹冈将微量吗啡注射到小白鼠脑内发现有强的镇痛作用，最敏感的部位是大脑导水管周围灰质。这一发现是国际上1975 年关于脑内存在阿片样受体及内源性阿片样物质的重大进展的先导。1964 年邹冈发表的另一项工作证明吗啡能够抑制脊髓对痛刺激的反应，但全身注射小剂量吗啡后，产生镇痛作用的部位主要在脑内，而不在脊髓。1999 年在外国刊物*Trends in Neuroscience*（《神经科学动态》）上发表了外国学者悼念邹冈的文章。60 年代我国大规模开展针刺镇痛研究，提出一些很好的见解，如针刺镇痛是两次传入冲动相互作用的结果，针刺镇痛是体液因素对疼痛信息的调节，针刺镇痛是一种下行抑制，以及针刺镇痛类似于脑刺激镇痛，为日后深入研究针刺镇痛问题打下了基础。

50 年代，殷宏章领导开展光合作用研究，60 年代在光合色素蛋白复合体和原初反应等方面做出一定成绩；汤佩松继续领导探讨水稻幼苗等的呼吸代谢问题，提出植物呼吸代谢的多条途径观点，在理论和实际上都起推动作用。

生物化学

50 年代王应睐、邹承鲁和汪静英进行琥珀酸脱氢酶的研究，在国际上首次发现该酶的辅基FAD 是与酶蛋白共价结合的。50～60 年代曹天钦领导的小组对肌肉中的各种肌肉蛋白进行了广泛的研究，为阐明这些蛋白质的分类、结构和收缩功能做出贡献。60 年代初邹承鲁在一系列实验的基础上，建立了蛋白质（酶）必需基团的化学修饰和活性丧失的定量关系，成为国内外生化教科书采用的“邹氏公式”或“邹氏作图法”。

1965 年我国牛胰岛素合成成功，标志着在世界上第一次人工合成蛋白质，具有重大的科学意义和社会价值。胰岛素是由动物胰脏分泌的一种蛋白质激素，其最明显的生理功能是影响糖的代谢，增大葡萄糖进入细胞的通透性，增强葡萄糖的氧化与糖原的生成，并有调节蛋白质和核酸合成的作用。英国科学家因阐明胰岛素的化学结构而于1955 年获诺贝尔奖。在50 年代条件很差的情况下，我国科技工作者敢于在世界上提出这一重大课题：用人工方法合成由21 个氨基酸构成的A 链和30 个氨基酸构成的B 链并通过二硫键连成的蛋白质。这一攻关工作是由中国科学院上海生物化学研究所、上海有机化学研究所和北京大学等共同完成的。全合成结晶牛胰岛素工作的简报发表于1965 年，全文发表于1966 年的《中国科学》上。这一创新性科研成果在世界上引起极大的反响，它代表了该年代我国的科研水平，曾获1982 年国家自然科学一等奖和1992 年陈嘉庚生命科学奖。

二、1976 年后中国生物学进入大发展时期

“文化大革命”使中国的科学基本上处于停滞状态，生物科学当然也不例外。

但即使在如此压抑、困难的条件下，不少生物学工作者还是不放弃对科学事业的热爱，有的白天参加“运动”，晚上偷偷地做实验，有的在完成工农业生产提出的任务的过程中，结合生物学上的问题进行研究。“文化大革命”结束后，科学工作者的科研热情高涨，生物科学得到很快的发展。到20 世纪末，在很多的分支学科上取得了大量可喜的进展。

植物学

植物形态学与解剖学在70 年代后半期，由于学科的相互渗透以及扫描电镜、透射电镜、激光扫描共聚焦显微镜以及免疫荧光等新技术的应用，大大促进了学科的发展。在经济植物形态解剖方面，70 年代后期出版了系列丛书，如《棉花形态学》、《大白菜形态学》、《天麻形态学》等等。80 年代出版的有《棉花形态和解剖结构图谱》和《小麦形态和解剖结构图谱》等。在中国特有植物的形态解剖方面有《银杉生物学》（1990）和《三尖杉生物学》（1999）等。种子形态方面有《杂草种子图说》（1980），幼苗形态方面有《农田杂草幼苗》（1975）等。此外，对某些旱生植物，结合环境污染及植物病理方面也进行了不少植物形态解剖及植物病理解剖的工作。60 年代后期开始，用离体植物组织或器官，开展了大量实验形态和实验解剖的研究，探讨植物形态发生中的各种基本规律，在各种经济植物、果树、花卉等方面的工作是大量的。例如风信子外植体植物营养芽和花芽形态的发生，马铃薯无病毒株的大量繁殖，杜仲、黄柏、构树等木本植物剥皮和新皮再生等研究都取得重大进展。孢子形态方面，《中国植物花粉形态》1997 年经修订后再版，《中国蕨类植物孢子形态》和《中国热带亚热带被子植物花粉形态》也相继出版。有大量的专科、专属花粉形态或超微结构的研究。有关成果在李正理的“植物形态解剖学近年进展”（1994）以及尤瑞麟、胡玉熹的“中国植物形态学史”（1994）上有全面的反映。

植物胚胎学研究在70 年代开始。中国特有裸子植物和重要经济农林果蔬植物的胚胎学研究也有了丰硕的成果。其中包括植物花药和单倍体细胞培养以及以后发展的单倍体育种，在国际上处于领先地位；裸子植物比较胚胎学（王伏雄等）和重要农作物杂交胚胎学取得重大进展；“雄性生殖单位”精细胞的结构功能研究，小麦精细胞具明显“尾巴”结构（胡适宜）等，引起国际广泛的关注；胚囊、卵细胞和精细胞分离，以及各种类型细胞的体外融合（杨弘远、周嫦），处于国际领先地位；胚胎发育的生理生化基础和调控，遗传信息展现的时、空、序等方面，以及在水稻胚胎发育（唐锡华）和水稻无融合生殖等方面也都取得可喜的成果。

植物资源学的工作应用性强。通过植物资源调查的群众运动，科学工作者发现了不少有利用价值的植物。突出的有田菁胶的发现，田菁胶可作为石油工业上基压裂液原料，提高石油产量，代替了过去进口的瓜尔胶。芳香植物山苍子，解

决了我国对柠檬醛的需要并可大量出口。药用植物很多，如萝芙木可解决降血压药利血平的来源，薯蓣类植物可作为合成可的松和避孕药的原料，中国科学院成都生物所还利用其制成了地奥心血康，成为20世纪后期国内重要的心血管病药物。更值得一提的是屠呦呦等在1977年在青蒿（*Artemisia annua*）中发现了青蒿素，制成一种高效速效的抗疟药，用于间日疟特别是脑型疟有良效，挽救了很多垂死病人的生命，这是我国对世界医药学做出的重要贡献。

藻类学方面，在1983～1984年又进行过一次海洋普查，对我国沿海海藻的区系分析表明，我国渤海、黄海属北温带海洋植物区系组，北太平洋植物区的东亚区；东海和南海的东南部，台湾的东部和南部，以及东沙、西沙和南沙群岛则都是热带性质的。《中国孢子植物志》中有《藻类志》。在摸清紫菜、海带等经济海藻的生理、生态特性以及生活史基础上，创造了一套科学的养殖技术。曾呈奎提出“海洋农牧化”的设想。养殖规模已达每年100万吨以上的鲜藻，包括海带、紫菜、裙带菜、麒麟菜、江蓠等，以及数千吨的海藻制品，如褐藻胶、琼胶、卡拉胶、甘露醇和碘。我国已由海藻产品进口国变为出口国。20世纪的后20年，费修绠等结合生物技术在紫菜、江蓠等红藻养殖方面做出了贡献。

螺旋藻（*Spirulina*）是鱼类养殖的饲料，也是人类优良的保健食品。80年代后，国内开始大规模培养，胡鸿钧等在云南永胜县程海建立我国第一个螺旋藻中试基地。国内养殖单位很多，生产能力几乎达到国外年总产量。

黎尚豪等进行固氮蓝藻固氮作用研究。大田实验表明，施种固氮蓝藻有一定增产效果，可增加籽粒数，减少空壳率。

真菌资源开发，到20世纪后期共有过三次。第一次是60年代至70年代初的粗放的以刘锡进为主的，实现了灵芝的人工栽培，随后在全国掀起开发与应用热潮。在食用菌方面，出版有《毒蘑菇》（1973）和《食用蘑菇》（1982）。第二次开发目标是野生的珍稀食用、药用真菌金耳（*Tremella aurantialba*），一种保健食品。金耳多糖的分离纯化及其理化性质分析在国内已日益开展起来。第三次开发是通过基因工程技术，用基因工程改造用于发酵生产γ-亚麻酸的深黄被孢霉。此外还研究真菌内酰胺次级代谢调控的分子机制，为生产新抗生素提供可能。

在植物细胞生物学领域，在80年代，陆文梁开始对在脱分化状态下的细胞分裂进行研究，做了细致的超微结构研究和活体连续观察研究，获得了细胞分裂的全过程，证据表明脱分化状态下的细胞分裂是无丝分裂，是一种特有的新的细胞分裂类型，称之为劈裂。单细胞分裂的活体连续观察一直延续到形成一小细胞团，发现由劈裂分裂形成的子细胞都具不断分裂的能力，并且开始的几次分裂都是劈裂。

动物学

无脊椎动物等方面取得一批成果，发表了大量的专著，如《废水生物处理微型动物图志》（1976）、《微型生物监测新技术》（1990）、《中国淡水轮虫志》（1961）、《医学寄生虫学》（1990）、《人畜线虫学》（1987）、《鱼类寄生虫和寄生虫病》（1999）、*The Spiders of China*（《中国蜘蛛》，1999）、《贝类学纲要》（1995）和《中国土壤动物检索图鉴》（1998）等等。尹文英从1963 年就开始发表原尾虫系统分类研究论文，不仅提出了新的分类系统，并通过对原尾虫精子和感觉器官的亚显微结构比较研究，1995 年将原尾虫从昆虫纲中提出，并成立与昆虫纲并列的原尾纲。沈韫芬等创建了“水质—微型生物群落检测—PFU 法”，于1991 年经国家环保局通过，成为我国第一个自行制定的生物监测法，原生动物作为水质污染程度的指示生物的国家标准。我国昆虫学进展迅速，第19 届国际昆虫学大会1992 年在北京召开。

脊椎动物方面开展了大量的工作。比较解剖方面，有朱元鼎等对我国软骨鱼类侧线系统及罗伦管系统的比较研究，张有为和宋佳坤对鲥亚目和鲻科鱼类侧线形态的研究，田婉淑等对我国两栖类舌骨肌的比较研究，郑光美等对三种马鸡后肢肌的比较解剖，周开亚等对白鳍豚的系统研究，林大诚等对大熊猫器官系统比较研究。以上都是结合形态学特征分析并对系统分类学提出见解。在灵长类方面，专著就有《长臂猿解剖》（吴新智、叶智彰，1978）、《猕猴解剖》（叶智彰等，1985）、《金丝猴解剖》（叶智彰等，1987），此外还有180 多篇形态解剖论文。以上内容涉及外部形态、骨骼、肌肉、消化、呼吸、泌尿、生殖、内分泌、循环、神经及感觉等各种系统。工作从静态到动态，从形态到功能，从种、类群到种间、属间以至与其他灵长类的系统比较，对我国灵长类的分类和系统进化提供了许多形态解剖学证据。

在实验生物学方面，贝时璋对鳗形线虫等的细胞常数、细胞分类、染色体结构等进行研究，后来在鸡胚中对卵黄颗粒等细胞器和DNA 等进行研究，提出“细胞重建”学说。童第周和严绍颐、杜淼等用核移植技术早在80 年代就创造出鲤鲫移核鱼，并在鲤鱼、鲫鱼和金鱼不同属种间做了大量核移植的工作。在两栖爬行类研究中应用分支系统学和数值分类学的方法，结合电镜观察亚显微结构、DNA 指纹分析，并尝试通过分子钟来研究扬子鳄的进化时序，并取得一定结果。

鸟类研究方面，90 年代以来，无线电遥测、声谱分析、分子生物学技术等手段都相继应用。目前不仅广泛采用数理统计、数学模型及计算机分析，而且地理信息系统以及全球定位系统等研究技术也都获得应用。

微生物学

1976 年后微生物学研究进入了发展新阶段，新建了一批重要研究机构，微生

物学进入一个全面发展新时期。

根瘤菌（陈文新等）和放线菌分类研究（阎逊初等）基本上与国际同步，化学分类、数值分类、同工酶测定、DNA 杂交、16S rRNA 序列分析等技术被全面应用。在生理学方面，对地中海拟无枝酸菌（*Amycolatopsis mediterrane*）力复霉素合成途径的调节（焦瑞身等）的研究在指导生产上取得了实效；固氮微生物的生理学研究也取得一批成果（李季伦等）。细菌、放线菌遗传学方面有大量的工作，如对苏云金杆菌和球形芽孢杆菌等昆虫病原菌中编码晶体毒蛋白基因的质粒研究，并通过基因操作将该基因引入到植物中得到具抗虫能力的植株。放线菌质粒的分子遗传学、发育和分化的研究以及真菌的分子育种方面都进行了较深入的工作。在次生代谢物的基因克隆方面，在世界上首次克隆了涉及烯类抗生素生物合成的基因簇，这是借助基因工程创造新抗生素衍生物的良好基础。自1985 年以来已对上百种基因进行了克隆和表达的研究，在工农医方面都有所见效。

此外，在医学微生物学、农业微生物学、利用微生物及其次生代谢产物防治植物病虫害、工业微生物学、微生物霉腐防治、兽医微生物学以及环境微生物学等领域都取得一大批成果。

病毒学方面，1969 年开展了烟草花叶病毒核酸体外合成的研究，开始了病毒分子生物学的工作。建立了体外合成蛋白质体系，生物合成了烟草花叶病毒外壳蛋白，开展了利用cDNA 分子杂交技术检测和鉴定类病毒等工作。80 年代以后，随着分子病毒学工作的开展，对我国的一些毒株进行了结构和功能、复制机制及其与宿主关系的初步研究。90 年代，对痘苗病毒天坛株基因组全序列进行测定与分析（金奇等），对我国大陆丙型肝炎病毒遗传结构及基因进行了分型（颜子颖等）。病毒作为外源基因载体方面也开展了研究，对新型系列病毒载体的构建和应用取得了成果（颜子颖等）。

医学病毒学研究在病毒学中居领先地位，突出的例子有在国际上首先研究成功乙型肝炎疫苗（黄桢祥、王逸民等）以及侯云德等研制成功了人基因工程干扰素并投入生产。在兽医病毒学方面，草鱼出血病毒病基本上得到控制，畜禽的口蹄疫及瘟病基本得到控制。对危害发酵工业的噬菌体的分离、鉴定和防治取得一定成绩。应用噬菌体对肠杆菌科细菌进行分类和鉴定是我国科学家的创新（何晓青等）。植物病毒学研究，80 年代以后开展了基因工程研究。田波等首次开展了利用卫星RNA 防治病毒病的研究，用基因工程手段获得高度抗病毒性能的转基因烟草，还对卫星RNA 防病机制和病毒致病分子机制做了系统的研究。在环境病毒学方面和昆虫病毒学方面也都做了不少研究工作。

分类学与系统学

“文化大革命”后分类学的工作迅速恢复。中国幅员辽阔，特别是对一些重要

的边缘地区的生物资源远远没有调查清楚，因此科学考察工作又很快开展起来。这阶段大规模的考察工作有：1973～1980年的青藏高原科学考察，1980～1984年的青藏高原—横断山区科学考察，以及80年代后期的武陵山地区生物资源考察、青海可可西里科学考察、全国海岸带考察、滩涂资源调查、海岛调查、国际海洋联合考察以及南沙群岛及其周围海区的海洋综合科学考察等。研究人员所到之处有些是没有人迹的无人区，收集了大量珍贵的资料及标本。

到20世纪末，该领域的专著与论文成果累累。首先是“三志”的工作，除中国科学院始终资助外，1993年被列为国家自然科学基金重大项目；1998年又再次被列为国家自然科学基金重大项目，又得到国家自然科学基金委和国家科学技术部的联合资助。由于投资额较前有大幅度增加，进展速度也大大加快。共有80卷、125册，包括300余科、3万余种植物的《中国植物志》经过40年、百位以上植物分类学家的努力已经基本完成。其中不少卷册被评为国家自然科学奖和中国科学院科技进步奖。此外，于1998年开始的中美合作编辑的*Flora of China*英文版至1999年底已出版了4、15、16、17、18五卷和3卷的图版集。动物志方面，到1998年已出版了《中国动物图谱》27册、《中国经济昆虫志》55册、《中国经济动物志》11册、《中国动物志》47册。而《中国孢子植物志》到1999年1月已出版的有22册，待出版的有11册。很多省市也都分别出版了动物志或植物志，或者有关生物专类的专著。这几十年来出版的其他专著与论文的数量巨大，这里仅列举很小的一部分：如《中国高等植物图鉴》共7册（王文采等，1972～1983），《中国种子植物特有属》（应俊生等，1994），《中国蕨类植物孢子形态》（张玉龙等，1976），《中国蝶类志》（周尧，1994），《中国鸟类区系纲要》（英文版）（郑作新，1987），《中国热带土壤动物》（1992），《西南武陵山地区脊椎动物》（1997），《喀喇昆仑山—昆仑山地区昆虫》（1996），《西藏哺乳类》（1986），《珊瑚礁鱼类》（1994），《中国海兽图谱》（1997），以及《中国哺乳动物图鉴》（王应祥，2000）等。真菌学专著有《中国真菌总汇》（戴芳澜，1979）及《真菌学大全》（裘维藩，1998）。此外，还有《中国地衣名录》（马骥）及《中国地衣综观》（魏江春）等。

分类学不仅要对生物定名以识别物种，还要阐明生物间的亲缘关系和分类系统，阐明动物系统发育的过程及其规律。中国分类学家也做了大量的工作，下面仅举三个突出的例子。饶钦止1979年出版的《中国鞘藻目志》，著者在深入研究该目形态分类特征的基础上，对鞘藻目类群间的亲缘关系提出了新的观点，对该目的分类系统进行了修订，在国内外受到高度的评价，获1982年度国家自然科学奖二等奖。秦仁昌1978年发表的“中国蕨类植物科属的系统排列和历史来源”集其毕生研究心得，研究了蕨类植物错综复杂的亲缘关系，建立了一个比较自然的系统，为全国植物标本馆所采用，获得1993年度国家自然科学奖一等奖。陈世骧

1997年出版的《进化论与分类学》一书，提出了物种变又不变与种间连续又间断的概念；系统发育是变又不变的进化过程；进化论是生物分类的理论基础，分类学是生物进化的历史总结等论点。此书以中、英文出版，受到国内外普遍重视。

80年代以来，根据生物的核型和带型开展了细胞分类的研究。在植物与动物方面都有大量的研究。如在动物方面，在鱼类、两栖爬行类、哺乳类和昆虫等类群方面所发表的专著有《中国鸟类染色体图谱》、《鹿的核型与染色体进化》和《中国灵长类染色体》等。施立明等通过染色体核型的研究，在云南高黎贡山的麂中鉴定出一个新的物种，定名为贡山麂。90年代开始，一批年轻的学者运用分子生物学的技术来揭示生物类群的谱系，开展了分子系统学的研究。在动物方面，中国科学院昆明动物研究所科研人员的工作较多，他们在大熊猫、雪豹、麂、灵长类动物、鲢、鳙、草鱼以及果蝇方面探讨了它们的属种分化和系统演化，发表的论文有不少刊登在国内外著名的刊物上。在植物方面，中国科学院植物研究所有较多的研究，其中稻属（*Oryza*）、芍药属（*Paeonia*）基因组的进化研究，及松科（Pinaceae）、桦木科（Betulaceae）的系统发育重建工作已在国际上产生了重要的影响。此外，真菌及地衣的分子系统学等研究在90年代后期都相继开展起来。

生态学

80年代开始，生态学进入迅速发展时期，一方面广泛地与工农业建设、城市管理、环境保护、国土整治等社会经济领域结合，另一方面从层次上不仅在个体与种群水平，而且在群落、生态系统、农林复合系统、景观、生物圈直至全球变化等方面都有研究。90年代后期，分子生态学的问题也已开始触及。从80年代以后所出版的教材和专著反映了涉及的领域很广。例如，《中国植被》（吴征镒主编，1980）是30年来植被研究总结性的巨著。此外还有侯学煜的《生态学与大农业发展》（1984），阳含熙、卢泽愚的《植物生态学的数量分类方法》，马世骏、李松华的《中国的农业生态工程》（1987），李博的《普通生态学》（1990），王祖望的《能量生态学——理论、方法与实践》（1993），蔡晓明的《生态系统生态学》（2000），马世骏、王如松的《社会—经济—自然复合生态系统》（1984），宋永昌等的《城市生态学》（2000），以及肖笃宁的《景观生态学研究进展》（1999）等等。

在植物生态学领域，60年代开始，各地区各省都做了大量植被调查工作，70年代后期专著相继出版，有《广东植被》（1976）、《新疆植被及其利用》（1978）、《四川植被》（1980）、《安徽植被》（1983）、《内蒙古植被》（1985）、《云南植被》（1987），青海、西藏、贵州、湖南、福建、台湾、河北等省植被专著也陆续面世。某些区域的植被专著出版的有如：《贡嘎山植被》（1985）、《中国大兴安岭植被》（1991）、《中国大兴安岭森林》（1998）、《常绿阔叶林生态学研究》（1998）以及《红树林》（1984）等。

植被动态研究方面，各种植被类型的演替规律研究一直很受重视。影响植被动态变化原因有自然因素和人为因素，而人为因素是引起生态系统退化的重要原因，因此对以恢复各种生态系统为目的的恢复生态学有很多的研究，发表了不少专著，有《南亚热带森林群落动态学》（彭少麟，1996）、《封山育林研究》（徐化成等，1994）、《热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究》（余作岳等，1996）、《中国退化生态系统研究》（陈灵芝等，1996）、《河西走廊盐渍地的生物改良与优化生产模式》（任继周等，1998）和《松嫩平原盐生植物与盐碱化草地的恢复》（郑慧莹等，1999）等。

侯学煜是植被制图方面的奠基人，1∶1 000万和1∶400 万中国植物图早已出版。由侯学煜主编、各省植物生态学家参加的1∶100 万中国植被图，历时近20 年在20 世纪末已经完成，21 世纪初即将出版。

80 年代开始，生态系统生态学在我国蓬勃发展，以生物生产力、能量流动、物质循环及其动态变化为主要研究内容，全国先后建立了森林、草原、草甸、荒漠、水体以及农田生态系统定位站。除大专院校和林业部建立不同的定位站外，中国科学院由29 个生态系统定位站组成了研究网络。出版了大量的系列论文集与专著，具代表性的有《云南哀牢山森林生态系统研究》（吴征镒，1983）、《中国海南岛尖峰岭热带林生态系统》（蒋有绪，1991）、《常绿阔叶林生态系统研究》（钟章成，1992）、《暖温带森林生态系统结构与功能》（陈灵芝，1997）、《中国红树林生态系》（林鹏，1997）、《青藏高原生态系统及优化利用模式》（李文华、周兴民，1998）、《中国森林生态系统养分循环》（陈灵芝等，1997），以及《中国森林生态系统的生物量和生产力》（冯宗炜等，1999）。中国生态系统生态学的发展已逐步与国际长期生态学研究接轨。

全球变化对植被和森林的影响是我国从80 年代末起一直关注的研究课题。《全球气候变化国家研究——森林影响》（李克让等，1996）和《气候变化对中国森林影响研究》（徐德应等，1997）是这方面研究的两本专著。在第一性生产力、生物量、植被对全球变化的响应方面也有不少论文。

此外，70 年代以来，在工业废水、废气对环境，尤其是对植物和土壤影响方面做了大量污染植物生态学研究。其中酸雨对植物影响是重要的研究内容。植物种群生态学在一些重要树种、竹子及羊草、大针茅等方面都有系统深入的工作。90 年代以来克隆植物生态学也已有研究工作的报道。

动物生态学方面，80 年代开始动物种群生态学、生理生态学研究，并得到了较大的发展。异质种群理论及种群生存力理论应用于动物种群方面做了不少研究。由于分子生物学与行为学的渗透，动物行为生态学是一个研究热点。另一个热点是对遗传多样性、入侵物种、关键种与功能群以及物种濒危机制的研究。在

鼠类种群生态学及啮齿类行为学研究方面有大量的工作成果，其中有张知彬等主编的《农业重要害鼠的生态学及控制对策》(1999) 等，钟文勤、樊乃昌等系统阐述了过度放牧加剧草原鼠害发生的机理，陈安国等发现东方田鼠繁殖、迁移及种群发生与长江水文气象的关系。灵长类生态学与行为学是国内外灵长类学研究中最活跃的一个领域。冯庆等对笼养条件下间蜂猴的生态、繁殖、生长发育、行为学和母婴关系做了系统的研究。藏酋猴是我国特有的灵长类，赵其昆、邓紫云对四川峨眉山种群的生态学与行为学进行了长期研究 (1987～1995)；王岐山、熊成培等对黄山的种群进行系列观察 (1984～1994)。此外，胡锦矗、马世来、白寿昌、兰道英等对黑叶猴、白头叶猴、仰鼻猴、长臂猿等灵长类在栖居环境、习性、活动范围、种群结构、配偶制等方面做过生态学上各方面的研究。对大熊猫的觅食行为、性行为、繁殖和昼夜活动规律等方面，潘文石和胡锦矗及其他科学家进行了长期的研究。

在昆虫生态学方面有以温度为主对盲蝽生长发育的影响、昆虫迁飞行为、昆虫在迁飞过程中对风、温度的适应和选择等研究。此外，对马尾松的松毛虫蛹及其寄生天敌的空间格局分析，杉木林的金龟子的季节动态，杨树的光肩星天牛种群的空间格局，园林昆虫、蜘蛛群落结构与动态，以及草地螟不同蛾龄的飞行能力和昆虫对植物次生物质的适应策略等方面有大量的研究工作。鸟类方面，对雉鸡、野生绿孔雀、朱鹮等的觅食和食性、求偶、孵卵、巢区以及种群数量和结构等方面都有不少有价值的论文。对鹤类的迁移路线、鹭类的繁殖及其生态学生物学特征也做了研究。两栖爬行类动物的生态学研究也有报道。张荣祖编撰的《中国动物地理》(1999) 总结了中国动物地理学的成果。

微生物生态学研究着重真菌、菌根和土壤微生物等方面，对其在森林、草原、农田中的种类组成及分布、生物量及其与土壤肥力关系等方面也都开展了不少研究。农业生态学的成果主要在下列7个方面：农作物不同种间套作方式、林粮间作、农业水分生态、农田杂草、农作物、果树与昆虫关系以及宏观的生态农业策略研究等。淡水生态学的典型工作是，中国科学院水生生物研究所从50年代中期开始在武汉东湖进行长达40年的研究。70年代进行东湖渔业增产试验与生物生产力的研究，遵循生态学原理，采取多项综合措施，使东湖鱼产量从1971年开始时的180吨猛增到1978年的800吨。1980年饶钦止等发表的“武汉东湖浮游植物的演变 (1956～1975年) 和富营养化问题”一文，引起科学界的重视。80年代，对东湖的研究围绕着水体生态系统的结构与功能，90年代工作则着眼于与富营养化有关联的研究，都取得了重要的成果，集中反映在刘建康主编的《东湖生态学研究》(一，1990)，(二，1995) 两本专著中。

生物多样性科学

70年代前后，拯救生物多样性问题已引起发达国家的普遍关注，我国也开始注意到这一严重的情况。80年代后期，在汪松建议下，中科院的专家组成“中国科学院生物多样性工作小组”。1989年底召开了国内第一次生物多样性会议。会后出版了《中国科学院生物多样性研讨会会议录》(1990)，这是中国第一本有关生物多样性现状及保护的专著。在此基础上，1992年初成立了“生物多样性委员会”。国家“八五”计划支持了生物多样性的一系列重大项目。“八五”期间，由中国科学院科学家主持，全国大专院校及科研单位参与，在人类活动对生态系统多样性影响、片段化热带雨林中岛屿效应研究及其影响规律、野生动植物遗传多样性研究、濒危动植物物种保护生物学及种群生存力分析、濒危植物种群结构与动态模型研究以及濒危植物生物学特性等方面全面开展了研究。90年代发表了大量论文，并出版了下列专著：《生物多样性研究的原理与方法》(钱迎倩、马克平主编)、《中国的生物多样性》(陈灵芝主编)、《人类活动对生态系统多样性的影响》、《中国重点地区与类型生态系统多样性》、《物种多样性研究与保护》、《中国动植物的遗传多样性》、《遗传多样性研究的原理与方法》、《保护生物学》、《生物多样性理论与实践》，以及《南沙群岛及其邻近海域生物多样性研究》等等。1991年开始，中国科学院开始了中国生物多样性信息系统的建设。

1992年，联合国在巴西召开了“环境与发展大会”，在由各国政府首脑参加的会议上通过了《生物多样性公约》，同年11月经第七届全国人民代表大会常务委员会第28次会议批准，中国成为《公约》缔约国。后由国家环境保护局牵头，在履约方面做了大量工作，组织了各方科学家完成了《中国生物多样性保护行动计划》(1994)和《中国生物多样性国情研究报告》(1998)。

为了保护受威胁及濒危物种，编写动植物的红皮书及红色名录是首要的任务。在植物方面，1984年，《中国珍稀濒危植物名录》正式公布。由国家环保局主持，中国科学院植物研究所为主编单位，傅立国为主编，组成了《中国植物红皮书》编委会。为更好地让该书发挥社会效益，于1989年先出版了普及本《中国珍稀濒危植物》。而《中国植物红皮书》第一册的中文版与英文版分别于1991年和1992年出版。《中国濒危动物红皮书》也由国家环保局资助，国家濒危物种科学委员会承担，由汪松任主编，在1998年开始陆续出版。该书共分四卷，鸟类卷主编为郑光美、王岐山，种类为183种；鱼类卷主编为乐佩琦、陈宜瑜，种类为92种；两栖爬行类卷主编为赵尔宓，种类为125种；兽类卷主编为汪松，种类为133种。每种都有种群分布、数量现状和趋势、濒危等级和受威胁原因、已有的和建议应采取的保护措施以及饲养情况等基础资料。

建立自然保护区对动植物物种及各种生态系统就地保护，是保护生物多样性

的主要措施。虽然我国第一个自然保护区鼎湖山自然保护区于1956年建立，但80年代以后是自然保护区大发展的时期。到1997年底，自然生态系统类的自然保护区为928个，占国土面积的7.64%，野生生物类保护区数量为113个，自然遗迹类保护区为14个。此外，生物多样性的迁地保护也是重要的保护措施。全国植物园和树木园总数已达120个左右，栽培的濒危植物及其他植物有1.6万～1.8万种，占中国植物区系的53%～60%。动物园总数超过170个，和濒危动物繁育中心一起，使大熊猫等10余种珍稀濒危动物的饲养、繁殖都取得很好效果。如安徽扬子鳄繁育研究中心已使扬子鳄由野外种群数不足几百头，繁殖到种群数远远超过8 000头；麋鹿80年代由英国引回后，在北京麋鹿苑等三个基地的繁育数量已大量增加；东北虎繁殖成功，数量大量增加，也都正在做回归自然的准备。大熊猫的拯救工作成效也很明显。国家在从60年代开始建立的13个保护区的基础上，将再新建14个自然保护区并建立保护走廊带，将大熊猫保护区连成网络，解决栖息地片段化、种群间无法进行基因交流的问题。

在自然保护方面，1983年原建设部就发出通知要编写《中国自然保护纲要》，经30多位科学家三年的努力完成。由万里委员长作序，国务院环境保护委员会通知要求全国参照实施。我国于1978年经国务院批准成立了中国人与生物圈计划（MAB）国家委员会，阳含熙、李文华和赵献英历任三届秘书长，在生物多样性保护、自然资源管理及可持续发展等方面开展了研究及国际合作。1988年，经国家科协批准成立了“国际地圈生物圈计划”（IGBP）中国委员会。叶笃正、陈宜瑜历任主席，在推动并协调国内各有关单位开展全球变化研究、为国家资源管理提供咨询服务以及国际合作等方面做了大量工作。80年代后期，转基因作物大规模向环境释放的条件已经成熟，活的遗传修饰生物体（LMO）的潜在生态风险及要关注人体健康，即LMO对生物多样性及可持续发展可能的负面影响问题，在《生物多样性公约》的有关条款中已提出来。我国科学家从90年代初起，连续发表了“经遗传修饰生物体的研究进展及其释放后对环境影响”等文章。根据《生物多样性公约》建议，由国家环保总局牵头，《中国国家生物安全框架》在2000年公布实施。

古生物学

1976年后，古生物学开始大踏步走向世界。一大批中青年科学家陆续活跃在国内、国际舞台上，在学术上取得了一系列重大发现和举世瞩目的重要成果。具体表现在：在新元古界发现的赵家山生物群、龙凤山生物群、淮南生物群、庙河生物群和西陵峡生物群等，这些生物群中所含化石之丰富、保存之精美属世界罕见。澄江动物群的发现更是引起世界科学界的关注，被誉为“20世纪最惊人的科学发现之一”。凯里生物群是澄江动物群后又一重要的发现。南京汤山、安徽和县等地一些重要古人类化石的发现为古人类的演化、迁移和活动提供了重要的依

据。早期陆生植物的研究、被子植物起源的研究、华夏植物群及银杏目研究都得到了国内外高度评价。热河生物群中原始鸟类和带毛恐龙的发现对研究鸟类起源和演化具有非常重要的意义。关于南极古生物研究及青藏高原和新疆古生物研究也都取得重要成果。

上述澄江动物群和热河生物群是一系列成果中最典型的例子。1984年在云南澄江发现的澄江动物群被确定为寒武纪动物生命的迅速适应辐射，称为“寒武纪生命大爆炸”，把寒武纪称为创造“门”的时代。而辽西热河生物群的发祥地是世界上少有的中生代化石的产地。近十年来，对辽西热河生物群（两栖类、鸟类、带“毛”恐龙、原始哺乳动物及早期被子植物）的发现而发表的研究论文已达200余篇（册）。澄江动物群和辽西热河生物群的论文频频为国际权威刊物*Nature*和*Science*接受发表。

生理学和神经生物学

开展关于脑肠肽的研究，如脑肠肽侧脑室注射对大鼠基础胃酸分泌的影响（朱文玉），使用各种脑肠肽刺激中枢（主要是下丘脑外侧区）引起胃的运动和胃酸分泌；胃肠道细胞保护可能是脑肠肽的生理功能之一（王志均、张席锦等）。首次发现胰多肽具有内分泌和外分泌双重性质（陈寿坡等）；阐明迷走－胰岛素系统的作用，比西方提出的“肠－胰岛”早好几年（王志均等）；研究了胰高血糖素和胰岛素注入中枢对代谢的影响（张建福、王复周等）。集中研究呼吸的中枢调节机制，包括膈神经放电（张镜如等）、呼吸活动有关的中枢核团（沈锷、刘磊等）、不同传入冲动对呼吸中枢活动的调节（陈子彬、钱梓文等）、中枢递质对呼吸的调制作用（胡旭初等）和药物影响呼吸作用机制（张镜如、刘磊等）等。循环生理学有关研究主要是：心脏生理，包括心肌电生理（高天礼等）和心肌力学（宁学寒、李云霞等）、心血管活动的神经调节、心血管活动的体液调节（汤健、何瑞荣、姚泰、吴建明等）和心肌生长的调整等。在内分泌生理学方面，第一次阐明了胃肠激素释放的自然刺激（王志均）；研究了应激时下丘脑、垂体与血浆中加压素、催产素及β-内啡肽的变化（朱鹤年、林葆城等）；研究了糖皮质激素及其受体（徐仁宝、陈宜张等）；研究了垂体前叶功能的直接神经调节（鞠躬）；对心钠素、脑钠素、降钙素基因相关肽、内皮素等重要的心肺激素在心肺及其他组织中的分布、含量及代谢做了大量基础性的工作（汤健、唐朝枢等）。在生殖生理学方面，我国从70年代以来全面开展了关于精子、排卵、卵运行和受精（王一飞、刘以训、谢衷明等）、着床（张致一、张崇理、柳建昌、李伟雄、陈惠玲等）、生理功能调节（程治平等）和抗生育（刘学高、卢惟剑等）的研究。

关于视网膜研究，杨雄里鉴定了一种新的蓝/绿外网状层细胞，同时纠正了前人对著名的S电位起源的错误认识，杨雄里于1996年出版《视觉的神经机制》专

著；在外膝体水平，罗蒂苏发现外膝体神经元抑制回路的特点是没有前馈抑制，而只有反馈抑制。在痛觉研究方面，韩济生在细胞水平上找到了痛与镇痛相互影响的活性物质，发现了最强效的对抗吗啡的内源性神经肽；赵志奇证明了，疼痛刺激能够引起初级传入末梢P 物质的释放，还证明了，伤害性肌肉传入与皮肤传入可能分别用非NMDA 及NMDA 受体介导其传入信息。

我国学者大量研究了对疼痛信息传递的调制有关的各级中枢：中缝大核（杜焕基等）、大脑皮层SI 和SII、丘脑（唐敬师等）、中脑导水管周围灰质（乔健天等）、尾核（黄晔、何莲芳等）、下丘脑（陈宜张、林葆城等）、下丘脑弓状核（印其章等）、海马（刘祚周等）、外侧缰核（王绍）和杏仁（翁恩琪）等。90 年代以来，我国对慢性痛的研究有很大的进展，建立了几个研究慢性痛的模型；研究认为，肾上腺素作用于受损伤后的神经，可能是慢性痛传入发放的原因（胡三觉）。

在神经免疫内分泌方面，研究证明多种哺乳动物的垂体前叶细胞受肽能神经的支配（鞠躬、刘少君等）；糖皮质激素对于神经元细胞的快速作用，是通过非基因组机制，并有可能是通过细胞膜上的受体（陈宜张）。在神经营养因子及导向分子，以及神经元受体和细胞内信号转导等方面，我国也有不少研究成果。

在神经生物物理方面，研究了复眼光感觉的生物物理机制和视觉运动感知的神经计算机原理（郭爱克等）；对视觉信息加工提出了广义Gabor 函数模型（汪云九）；研究了大脑两侧联系在双眼视觉中的作用（刁云程）；研究了非哺乳动物视觉信息加工的回路、细胞与分子基础（王书荣）；提出关于视觉方位和方向敏感性及图形适应的皮层下机制，对流行30 多年的传统见解做了修正（寿天德）；对感觉（听觉和视觉）的信息处理模型进行了探讨，对脑电系统的复杂性进行了分析（顾凡及）；研究了视觉系统和脑的信息处理及提取的建模和仿真（赵似兰）；对神经肌肉的相互作用以及抗体在干扰神经肌肉突触处介质的释放进行了研究（谢佐平）等。

细胞生物学

揭示基因处在活跃表达状态的活性染色质的结构比较松散，核小体排列比较不规则；在有微管蛋白存在下与离体核进行体外温育，发现S、G_2 期皆可组装微管，而G_1/S 期的细胞核则不能，证明动粒的组装微管能力与核膜崩解、动粒磷酸化以及动粒成熟程度有关（王永潮等）；发现脊椎动物的着丝粒蛋白有同源性，建立了用着丝粒的特异抗体分离脊椎动物的着丝粒的通用方法（施履吉等）；施履吉等在国际上第一个建立了着丝粒DNA 文库；何大澄等在高等真核细胞中发现了核基质的核心纤维，直径9～13 nm，含有多种蛋白质及RNA 组成成分，并证明核心纤维与细胞骨架纤维（微管、微丝）不同，其构成是异质性的。

在细胞周期及其调控方面，王永潮深入研究了一种G_1、G_2 期缺陷的$V_{79\text{-}8}$仓鼠

细胞系，发现其周期异常是因突变导致的引擎分子及增殖相关因子的异常表达，使正负调控不平衡，检查点功能失调所致；发现细胞转化后，钙调蛋白（CaM）在转录、翻译水平上均显著上升，银屑病皮损部位CaM 均明显高于正常人，CaM 过量表达诱导细胞转化表型出现，同时证明CaM 在G_1/S、G_2/M 和M 中期/M 后期三个位点均有调控作用；细胞周期随G_1-S-G_2 的进行，Ca^{2+}浓度增加；细胞转化中Ca^{2+}浓度减少，CaM 含量增加；癌细胞诱导分化时，CaM 含量减少。

70 年代以来，吴祖泽研究组探讨了造血干细胞在γ—射线低剂量照射下的损伤规律、提高循环血液中造血干细胞浓度的技术和通过造血微循环辐射损伤改善造血干细胞的植入率的方法，发现4～5 月龄的肝含有丰富的造血干细胞，完成了世界上首例胎肝移植对急性重度骨髓型放射病人的成功治疗；研究了造血干细胞表面的抗原、抗体，发现激动不同的组胺受体对造血干/祖细胞的增殖与分化有不同作用，其受体间可相互竞争、相互拮抗；不同细胞因子可诱导造血干/祖细胞向不同方向定向分化，具有重要临床意义；造血干细胞转基因可应用于肿瘤化疗等。薛社普研究了哺乳类红细胞分化最终去核，而鸟类红细胞分化最终却不去核的机制，揭示红细胞在种系发生上“核骨架—核纤层—中间纤维”体系的结构功能差异和自然去核规律，提出自然去核是种系进化演变结果的假说；发现哺乳类红细胞中存在一类红细胞分化去核因子，具有调节终末分化期相关基因程序性表达、核浓缩、自然去核和诱导造血系肿瘤细胞再分化的作用。

80 年代，蒋一珪等发现黑龙江地区两性型银鲫种群是天然的三倍体，并以雌核发育方式生殖。90 年代桂建芳等在培育银鲫人工繁育群体中发现了少数体型和体色产生了一定变化的特殊个体（被称为复合四倍体）。

遗传学

1976 年以后是中国的遗传学复苏发展时期。1978 年成立中国遗传学会，开展了一系列学术和科普活动，并于1980 年加入国际遗传学联合会。1998 年在北京成功地召开了第十八届国际遗传学大会，与会代表2 000 人。

在农作物育种遗传研究方面，取得了很大的进展。全国范围内大规模补充征集各种农作物品种资源，在全国重点和边远地区开展大豆、水稻、小麦等农作物的地方品种和边缘野生种的考察收集工作，在此基础上进行整理、鉴定和研究。至1995 年底，已对粮、油、棉、麻、烟、糖类等多种作物约20 万份种质资源进行了特性鉴定，共获得115 万个数据。对这些材料还进行了综合评价或细胞学鉴定。已建成国家作物种质资源信息系统以及染色体和同工酶图像分析系统，获得现有162 种作物、35 万份种质资源的信息2 000 万个数据项，实现集中管理。作物育种目标逐渐从单纯追求高产，转变为将高产、优质、多抗等综合优良性状列为作物育种主要目标，并围绕选育新品种，相应地安排了育种新技术、亲本创新、鉴定

方法以及一些基础研究工作，使得新品种选育水平不断提高。在此期间，新育成品种的抗性明显提高，品质育种和专用型品种选育取得突破性进展，并且育成一大批高产、优质、多抗等综合性状优良的新品质。重视农作物育种理论和方法研究，先后提出了大穗大粒、叶型模式、理想株型、最佳谷草比、穿梭育种等理论；大力发展推广农作物杂种优势利用，特别是80 年代以来，在成功地选育出粳型光敏不育系后，又在籼型光温敏不育系的选育上取得突破。在两系法水稻研究的推动下，小麦、大麦、油菜、大豆等作物也发现了光温敏不育现象，进一步开展了两系法不育系的选育和杂交组合的测配研究。组织培养、基因导入、基因重组等生物技术研究领域亦取得很大进展。

人类和医学遗传学研究全面启动。关于人类细胞遗传学研究，染色体制备技术包括各种显带技术迅速普及，成为临床上应用最广的遗传检测手段，并陆续鉴定了 1 200 种以上国际首报的人类异常核型。关于人类单基因病遗传学研究，组织了血红蛋白病(包括异常血红蛋白综合征和地中海贫血)、葡萄糖-6-磷酸脱氢酶缺乏症和苯丙酮尿症的大规模群体调查，基本上摸清了这些疾病在中国的发生率和流行病学特点，以及具中国特色的基因突变类型等。通过DNA 分子杂交和DNA 体外扩增等手段能进行基因诊断的单基因病有：苯丙酮尿症、进行性假肥大型肌营养不良、肝豆状核变性、血友病A、血友病B、脊肌萎缩症、成人型多囊肾、脆性X 综合征A、亨廷顿氏病、遗传性脊椎小脑共济失调、软骨发育不全、高雪氏病、溶酶体贮积病、性反转综合征、β-地中海贫血、对氨基马尿酸尿症，等等。关于人类多基因病遗传学研究，进行了唇裂等先天畸形的群体发病率调查、遗传率计算以及亲属中再发风险估计等研究。在肿瘤遗传学方面，对肿瘤和其他实体瘤以及白血病的细胞遗传学，对食管癌、原发性肝癌、急性早幼粒细胞白血病的分子遗传学进行了长期的系列研究，取得了举世瞩目的成果。在人类群体遗传学方面，若干个研究集体分别从各自的研究领域（如对白细胞抗原等位基因频率的分布研究、对免疫球蛋白Gm 同种异型的研究、对大量遗传标记遗传多态性的研究、对中国人群基因频率的主成分分析、对中国汉族与主要少数民族DNA 样本进行遗传相互关系的研究等）得出了相似的结论：中华民族大家庭可细分为南北两大群体。这一时期创新性的研究如：1990 年计雪文等首报X-连锁的进行性胸背型营养不良；1991 年胡诞宁等报道抗生素诱发耳聋的易感性为线粒体遗传；1994～1995 年费虹明等报道了在傣族和彝族中发现2 个HLA 新等位基因。陈竺和陈赛娟等于1990 年与若干国外研究集体几乎同时报道了急性早幼粒细胞白血病的特异性染色体易位及其分子机理，1993 年又首报该白血病的一种新的染色体易位及其分子机理，1996 年还报道了用三氧化二砷制剂治疗该白血病的临床疗效及其作用机制，使中国在国际白血病遗传学研究中处于醒目的位置。

在人类基因和基因组研究方面，中国学者完成了人类基因组全序列1%的测序任务，分离、克隆、定位和特征分析了一批人类新基因。关于肿瘤遗传学及多基因病遗传学研究，中国学者对食管癌、胃癌、鼻咽癌、原发性肝癌、原发性上颌面部鳞状细胞癌以及Ⅱ型糖尿病和原发性高血压等易感性基因的鉴定引起国际重视。人类和医学遗传学研究已从分析单个基因发展到分析基因家族、作用途径或作用系统中的多个基因及其相互作用。例如：在急性早幼粒细胞白血病细胞分化过程中受全反式维甲酸调控的169 个基因及其表达网络；在$CD34^+$造血干细胞/祖细胞中表达的300 个基因的cDNA 克隆和功能分析；关于乙型肝炎病毒阳性肝细胞癌基因表达谱的全面特征描述。用人类遗传学手段对人群源流迁移的研究也取得新进展。中国学者以亚洲163 个人群中12 127 名男性个体为样本，用3 种Y 染色体双等位基因标记分型，其结果再次支持东亚现代人起源于非洲的假说。

生物化学与分子生物学

在20 世纪后20 年，我国的分子生物学、生物化学和生物物理学研究进入了一个新时期。1981 年全合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸，这是世界上第一个被合成的核酸分子。这项工作是在1965 年人工全合成牛胰岛素之后，经过反复讨论于1968 年立项启动的。核酸和蛋白质是生命活动的最基本物质。既然我们已经合成了蛋白质——胰岛素，我们应该也有能力合成核酸，被选择为合成对象的是“酵母丙氨酸转移核糖核酸”。参加这项工作的单位有：中国科学院上海生物化学研究所、上海细胞生物学研究所、上海有机化学研究所、北京生物物理研究所和北京大学生物学系；其后，为了得到核酸合成所需原料——核苷酸，上海化学试剂二厂也加入这个行列。领导这一重大研究的有王应睐、王德宝、汪猷等。酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成于1981 年完成，并发表在《中国科学》上。该成果获1984 年中国科学院重大科技成果一等奖、1987 年国家自然科学一等奖和1991 年陈嘉庚生命科学奖。

梁栋材等对人工合成的胰岛素及其衍生物等一批晶体结构进行X-射线衍射的高分辨率分析，取得了一大批很好的结果，系列结果曾获1982 年、1989 年的国家自然科学二等奖和1986 年科技进步一等奖等。胰岛素晶体结构是我国科学工作者独立完成的第一个蛋白质的三维结构，它与我国牛胰岛素人工全合成结果一样，都受到国内外高度评价。此外，我国也已全面开展蛋白质和酶的晶体结构的X-射线衍射分析，如对蝮蛇磷脂酶、天花粉蛋白、核糖体失活蛋白、毒素蛋白、藻红蛋白、血红蛋白、神经毒素和抗真菌蛋白等。用多维核磁共振研究生物大分子溶液结构的对象有虎纹捕鸟蛛凝集素-1、多粘菌素-B、α-淀粉酶抑制剂等。

邹承鲁在大量实验基础上，在80 年代提出“酶活性部位柔性学说”，使人们对酶与底物相互作用及酶催化机制的认识提高到一个新的水平。邹承鲁的学说认

为，酶分子的活性部位位于酶分子的一个有限部分，酶的活性部位构象与整个酶分子构象相比具有更大的柔性，而这种柔性是酶催化作用所必需的。

我国的生物信息学研究始于80年代。施蕴渝等发展了分子动力学方法，用于模拟配体与受体的结合、预测蛋白质溶液构象，并将分子动力学与量子化学程序相结合，可以模拟酶促反应及其动力学效应；陈润生发现无用DNA（junk DNA）序列中可能存在着特异的编码方式，且与基因组的调控网络相关联；丁达夫在从序列模建蛋白质三维结构、蛋白质分子设计以及基因组功能预测等方面得到好的结果。

以美国为主体的人类基因组计划启动于1990年，我国于1993年也开始介入这一宏大的全人类计划。根据我国特点，首先开展中华民族的基因组和与重大疾病相关基因的研究，包括神经系统等遗传病相关基因研究，白血病相关基因研究，肝癌、鼻咽癌、食管癌等相关基因研究，多基因病（如原发性高血压、II型糖尿病）相关基因研究等，取得了不少好的结果。论文大都发表在国际权威杂志上，如*Nature Genetics*、*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*、*Blood*、*Oncogene*等。我国于1999年正式被接纳加入人类基因组的国际合作计划，承担3号染色体中3千万碱基对的全序列测定，于2001年完成任务。此外，我国还开展了水稻基因组和一些微生物（如痢疾杆菌、黄单胞菌、噬热菌、钩端螺旋体）基因组的作图和测序工作；在开展基因组计划和真核基因表达调控过程中，我国发现了大量新的基因，为丰富世界基因库做出贡献。近20年来，对一些病毒（如HBV、HIV、HAV等）、固氮基因、各类调控因子及其受体、一些酶和酶的抑制剂等的基因元件和表达调控研究，也都取得不少好的结果。邹承鲁编撰的《当前中国的生物化学研究》(*Current Biochemical Research in China*）于1989年在美国出版，该书有21章，由29位专家写成，基本总结了60～80年代我国的生物化学突出的研究成果。

生物物理学

在膜和细胞研究方面，80年代林克椿发现心磷脂和其他磷脂的混合物双相体系在加入Ca^{2+}后可形成柱状及螺旋状脂质体，说明螺旋结构是一种普遍存在的结构形式，该结果发表在*Nature*杂志上；杨福愉等证明非双层脂结构倾向性对线粒体H^+-ATP酶等的构象与活性以及对脱血红素细胞色素c的跨人工膜转运均有影响；黄芬、陈建文发现山莨菪碱能诱导磷脂酰乙醇胺呈非双层结构，山莨菪碱或阿托品还能诱导二棕榈酰磷脂酰甘油呈交叉结构，后者对膜蛋白有负调节作用；杨福愉、黄有国等发现Mg^{2+}对重组ATP酶（F_0F_1-ATP酶）的脂酶体是通过影响膜脂物理状态而调节酶活性。利用高新技术研究膜与细胞的有：用扫描隧道显微镜观察非双层结构及其混合体系的两种不同相及其界面，观察活细胞膜及配体与膜受体的相互作用及其诱发的非双层结构；用激光拉曼谱研究红细胞膜的流

动性；用荧光漂白恢复技术在细胞水平上研究了林蛙受精卵卵裂前卵表面凝集素受体的运动；用表面等离子激光共振谱、平面膜圆二色谱、显微荧光膜天平等研究蜂毒、大肠杆菌素E1的插膜，以及兔C-反应蛋白与磷酸胆碱基团、亲和素与生物素基团在膜表面的结合特性。赵南明和蒲慕明提出细胞膜蛋白（或受体）的DMT理论及原位电泳理论。沈允钢等对叶绿体两个光系统之间激发能的分配调节进行研究，发现除捕光色素蛋白的转移外，光系统I向基粒类囊体中的光系统II靠近而发生激发能的“满溢”过程也是起作用的；匡廷云证明捕光叶绿素蛋白复合体在类囊体膜上横向迁移可调节激发能在两个光系统之间均衡分配的规律。在理论生物物理方面，徐京华研究了生物分子的手性和生命起源中的对称性破缺，分析了脑电波的非线性特征；陈凯先将量子化学的定量计算方法用于药物分子设计；施蕴渝发展了蛋白质分子动力学和随机动力学方法；张春霆等建立和发展了一套几何学方法，并应用于生物大分子结构研究。

生物技术

我国生物技术在20世纪70年代中期开始起步，80年代被正式列为国家八大科技领域之一而给予重点支持，特别是1986年后生物技术一直被列为国家科技攻关项目。至20世纪末已取得重大的科技成果，有些项目已被开发为产品。在医药方面，已研制出的基因工程和蛋白质工程药物有：干扰素、新型干扰素、促红细胞生成素（EPO）、白细胞介素、新型白细胞介素、人生长激素、肿瘤坏死因子（TNF）、新型肿瘤坏死因子、集落刺激因子（CSF）、组织纤溶酶原激活剂（t-PA）、人表皮生长因子（EGF）等二十几种产品。单克隆抗体体外诊断进入应用阶段，通过鉴定的单抗试剂盒有：乙肝表面抗原、流行性出血热、抗人T淋巴细胞亚群、风疹病毒、黑热病等十几种，有的已获新药证书和生产文号。基因治疗初获成果，如针对B型血友病、脑恶性胶质瘤的基因治疗。

在农业方面，我国首创两系法水稻杂交优势利用，已先后培养出几个具有实用价值的粳型光敏不育系和籼型不育系。获得一些转基因植物，如抗烟草花叶病毒（TMV）的烟草、转蛋白酶抑制剂基因的抗虫棉花等。国际上从花粉培养得到的多种植物的再生植株约有1/4是我国首先成功获得的，有一批水稻、小麦等的花培品种已在生产中推广，有的品种具有优质、高产、抗病、抗盐碱特性。我国在植物细胞培养方面做了突出的工作，国际上从原生质体培养得到的再生植株约有1/6是我国首先完成的；70年代以来，已有数百种植物的快速繁殖获得成功，并在良种繁育、快速繁殖获得脱毒苗和拯救濒危物种等方面推广应用，对农业生产和生物多样性保护等方面起到了显著促进作用。90年代中期，我国发现了晚粳水稻的自然突变体，它在雌雄分化前后对光周期敏感，在长日照下表现为雄性不育，而在短日照下可育，其研究结果有助于我国水稻杂交优势的利用工作。转基因鱼

研究，特别是将人生长激素基因转入鱼类中，获得很好的结果，并应用于实际。

我国动物克隆工作有很大进展。关于哺乳动物细胞工程和克隆研究，1990 年获得胚胎细胞克隆兔，1991 年获得胚胎细胞克隆羊，1993 年获得一批继代核移植的克隆山羊，1995～1996 年获得胚胎细胞克隆牛，1999 年以山羊胎儿成纤维细胞为供核细胞获得克隆山羊。

在轻工、食品、海洋等方面的生物技术理论和应用研究也获得大量结果。70～80 年代酶工程研究成果很多，如固定化青霉素酰化酶用于青霉素生产，一批生物传感器的应用，固定化细胞酶生产丙烯酰胺，固定化微生物生产有机酸和酒精等。维生素C 的二步法发酵生产获得成功，取得了国内外专利，并创造出很大的经济价值。

虽然和国际相比，我国的生物技术研究还有很大的差距，但是在20 世纪后期经过努力已经有了长足的进展，相信21 世纪我国生物技术的研究，将在基因药物、基因治疗、生物芯片、转基因动植物等方面，取得更大发展。

21 世纪（前期）的生物学研究展望

20 世纪的生物学研究在世界范围内取得了辉煌的成就。我国自改革开放以来，生物学研究融合在这股世界洪流之中，也已得到许多较为突出的成果。

20 世纪初科学家们重新发现Mendel 遗传定律和发现Mendel“因子”与染色体相关联，其后，20 年代Morgan 创立了染色体基因学说，这些成果大大推动了当时生物学的蓬勃发展。进入50 年代，以DNA 双螺旋结构的发现为起点诞生的分子生物学，以惊人的速度取得一个个突破，使整个生物学发生了翻天覆地的变化。

展望21 世纪，尤其是21 世纪前期的生物学研究，我们认为，将有以下一些特点：

分子生物学将得到持续的发展　20 世纪分子生物学取得惊人的成就，但是，还有许多重大问题需要解决。21 世纪将有大批作为生命活动的主要承担者的蛋白质（包括酶）及其作用分子的三维动态结构被测定；一批细胞超微结构，如染色体、生物膜、核糖体和细胞骨架等的结构也将被阐明；在人类基因组和一批生物基因组作图和测序已经完成的基础上，进入了“后基因组”和“蛋白质组”时代，以图了解基因及其产物的整体功能，相信在21 世纪初会有所突破；基因表达调控，包括转录、转录后加工、翻译和翻译后加工的机制已经初步阐明，对这个复杂的级联途径还必须深入探讨；在分子水平上阐明信号转导问题，也将取得很大进展，等等。总之，21 世纪的分子生物学将全面地从分子到体系、从静态到动态开展研究，并取得突破。

微观生物学与宏观生物学将更加紧密地相结合 在20世纪，分子生物学的理论和技术已广泛地影响和渗透到许多生物学学科中，同时，许多生物学学科已相继进入分子水平，产生了许多新的分支学科，其中有微观生物学方面的，也有宏观生物学方面的。在21世纪，微观生物学与宏观生物学将得到更密切的结合。神经生物学，尤其是脑科学的研究，将成为21世纪前期的重大发展学科。

从全球来说，20世纪地球上的物种、各种生态系统以及基因的丧失及受威胁的程度已经达到威胁人类生存的地步，因此，生物多样性将会是21世纪重点发展的学科。它以生物多样性在生态系统功能中的作用为核心，以生物多样性起源、维持和变化、系统学以及生物多样性监测为基础，来解决生物多样性的保护、恢复和持续利用的问题。此外，全球变化的影响以及人类活动使全球变化的影响加速，从而对地球生命支持系统以及生物多样性的影响也将是21世纪面临的、不可逾越的科学问题。这些问题从20世纪后叶开始已在分子－细胞－器官－个体－群落－生态系统－生物区域－生物圈各个水平上进行综合研究。因此，“综合生物学(Integrative Biology)”也就在这个背景下应运而生。

生物学将受到大量自然科学新成就的影响 20世纪的生物学受到大量自然学科，如数学、物理学、化学等的很大影响。进入21世纪，自然科学的新理论和新技术必将对生物学产生极大的冲击，同时也是生物学对自然科学提出的迫切要求。例如，结合数学、逻辑学、计算机科学和生物学诞生的基因组信息学，用以破译基因的遗传语言；需要许多基础的和新兴的数学分支学科来研究脑、发育和生态系统的非线性问题；生物学研究中的微区、微量、瞬时、无损检测、实时动态显示等，都需要物理学发展新的研究方法；在纳米水平对生物大分子进行结构功能研究，借助原子操作进行分子改造都是必需的，因而诞生了纳米生物学(Nanobiology)；非常重要而尚未解决的多糖的结构测定和合成需要化学上的创新；光合作用等生物代谢过程中，有关超快速反应和短寿命的活性物质的问题都需要新的化学理论和技术予以解决。

生物学与社会科学相互渗透，关系更趋密切 进入21世纪，生物学与社会科学的关系更趋密切。人的智力、性格、行为的遗传基础，认知过程的心理机制可从脑科学和行为科学研究的突破中得到深入的了解、解释和阐明。“意识(consciousness)”仍然是一个需要被解决的重大生物学问题。人克隆人自身的技术难题已经解决，但仍存在复杂的社会问题，这将引起极大争论。

以生物学新理论、新成就为基础的高新技术将得到空前的发展，极大地造福于人类 20世纪已经诞生了基因工程、蛋白质工程、酶工程、细胞工程、生态工程等，这些生物工程正在形成新的生产力，21世纪将有更大的发展。随着人类基因组计划的完成及蛋白质组研究的突破，遗传病和一些尚未阐明病因的疾病的基

因治疗和基因诊断将得到解决。此外，随着脑和感觉器官的信息加工机能研究的突破性进展，对计算机、智能机器人的建立有重大影响；对生物物质和能量转换功能的研究成果，将产生许多非常有用的新系统和新材料，如新的导电材料系统、新型传感器等；由细胞色素c、细菌视紫质制成的生物芯片，不久将成为第三代信息载体；脑理论研究的突破，将诞生能进行学习、记忆、并兼有逻辑思维和形象思维的计算机；用生物元件组装成的具有生物系统特性的新型高级信息系统的生物计算机也即将问世，等等。

展望21世纪，生物学研究充满生机，其研究成果将极大地造福于人类。生物学将与其他学科（包括自然科学和社会科学）密切结合，共同为人类自身的进步和美好的未来做出特有的贡献。经过20世纪洗礼的我国生物学家，也必将有所创新、有所发现、有所发明，做出自己应有的贡献。

参考文献

1. 中国大百科全书编辑委员会《生物学》编辑委员会、中国大百科全书出版社编辑部编：《中国大百科全书·生物学》，北京：中国大百科全书出版社，1992。

2. 李佩珊、许良英主编：《20世纪科学技术简史》，北京：科学出版社，1999。

3. 中国植物学会编：《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

4. 国家基金委员会生命科学部与中国科学院上海文献中心编：《我国生命科学的前沿问题》，上海：科技出版社，1994。

5. 李宝健主编：《面向21世纪生命科学发展前沿》，广州：广东科技出版社，1996。

6. 邹承鲁主编：《当代生物学》，北京：中国致公出版社，2000。

7. 汪子春主编：《自然科学发展大事记·生物卷》，沈阳：辽宁教育出版社，1994。

条目分类目录

说明 在目录中的学科条目与学术专题以生物学学科体系为参照系编排，其余按时间顺序编排。

植 物 学

(Botany)

植物学属于基础研究的范畴。其基本任务是认识和揭示植物界所存在的各种层次的生命活动的客观规律，例如结构与功能、生长发育、起源、进化、变异、衰老、分布及其与环境相互作用等规律；揭示新原理和探索新技术，为解决应用问题提供基本理论和方法；进行调查、鉴定、分类和综合分析植物界众多的类群、复杂的区系、群落的特性和应用价值。植物学是由基础理论研究、应用基础研究和基本资料的调查研究组成。植物科学的发展影响到现代自然科学和技术的进步，也为利用植物和改造植物提供了必要的基础理论和基本知识。例如19 世纪植物矿质营养理论的阐明，导致了化肥的应用和化肥工业在20 世纪的兴起；根据光合生产率理论的研究结果，提出了粮食生产技术中矮化密植的栽培措施，以及品种改良、植物保护等措施，使粮食在20 世纪中叶大幅度增产。此外，通过对植物区系、植物资源、植被、珍稀濒危植物的调查、研究和预测，为国土整治、农业区划、资源开发、工业发展、水利建设等规划，为国家宏观决策提供科学依据，促进社会经济的协调发展。总之，当今世界面临的资源、人口、粮食、环境和能源等危机问题，无不与植物科学的发展有着直接和间接的联系。

我国近代植物学的发展　我国古代植物学发展的业绩是非常辉煌的，《救荒本草》、《本草纲目》及《植物名实图考》等不朽的著作在国际上有重大的影响，某些成就在当时世界上占有领先地位。但是我国近代植物学的发展还是深受国外的影响，是由西方引入的。

近代植物学的开始及前期的工作　介绍西方近代植物科学的第一部书籍是李善兰和英国人A. Willamson 合编译的《植物学》。该书于清咸丰八年（1858）由上海墨海书馆出版。主要介绍了当时新的植物学基础理论，包括植物的地理分布、分类方法、植物体内部组织构造、植物体各器官的形态构造和功能、一切植物都由细胞组成的理论；还介绍了雌蕊和雄蕊在生殖过程中的作用。

在期刊方面，19 世纪末以前只有《格致汇编》和《农学报》传播少量的植物学知识，进入20 世纪后新的期刊不断出现。1903 年上海科学仪器馆创刊了《科学世界》，其中有虞和钦的“植物对营养之适应说”、“植物受精说”，虞和寅的“植物学略史”、虞翼祖的“有用植物及有毒植物述略”以及胡雪斋的“植物营养上之紧要原质”等植物学的文章。1909 年金陵大学创刊《金陵光》，期刊上也刊登了戴宗樾的“中国森林历史概况”（1918）及蒋英的“南京柳属植物的研究”（1925）。《地学杂志》刊载有钟观光的10 篇“旅行采集记”（1920～1921）。1920 年前在《博物学杂志》、《科学》、《博物学会杂志》、《生物学杂志》、《博物杂志》、《自然界》等杂志上刊登有很多植物学文章。又如《东方杂志》上有“世界上特异之植物”（1913）、“木材之腐败及其预防法”（1917）、胡先骕译的“中国西部植物志”（1918）、邹秉文写的“中国菌病闻见录”（1919）等等。此外还有其他各种杂志都刊载有不少有关植物学的文章，说明在1920 年左右植物学知识已比较广泛地传布。这段时间出版的有关植物学书籍有如黄明藻写的《植物讲义》（1905）、叶基桢撰写的《植物学》（1908）。《植物学大辞典》（1918）是一部重要的著作，对我国植物学的发展起了积极的作用。此书著者有13 人，杜亚泉为主持人和主要编写人，编写工作花了12 年时

间。此外，贾祖璋、贾祖珊编著的《中国植物图鉴》(1937)，在《中国高等植物图鉴》未出版前一直广泛被参考应用。

20年代前的贡献主要是翻译介绍了不少国外近代植物学的知识，但也有少数原始研究论文，如钱崇澍1916年的“宾州毛茛的两个亚洲近缘种”和1917年的“钡、锶、铈对于水绵的影响”是我国植物分类学和植物生理学较早的原始研究著作。20年代前后，国内植物学家已开展了植物分类学的研究，发表了一批大部分是“名录”性质的文章书籍，如张珽的《武昌植物名录》(1918～1923)、周汉藩的《湖南植物图志》(1924)、胡先骕的《浙江植物名录》、《江西植物名录》(1921～1922)、陈嵘的《中国树木志略》(1922)等。此后，裴鉴、方文培、刘慎谔、林镕、郑万钧、唐进和汪发缵等一批科学家进行了大量植物分类学的研究和采集调查工作。

蕨类植物方面，1926年秦仁昌开始研究，在欧洲各大标本室研究考察几年后，发表了大量蕨类植物研究论文，为我国蕨类植物研究奠定了基础。

真菌植病的研究在20年代前后就已开始，如章祖纯1916年发表的“北京附近发生最盛之植物病害调查表”、钱穟初的“北京附近植物病原菌调查目录”(1918)、胡先骕“浙江菌类采集杂记”(1921)、戴芳澜的“江苏真菌名录”(1927)等。以后俞大绂、邓叔群、沈其益、王云章、裘维蕃、周家炽和方心芳等分别做了很多与农林业有关真菌和工业微生物的工作。

苔藓植物的研究方面，20年代起由秦仁昌、钱崇澍、刘慎谔、钟补求采集的标本，在1926年由陈伯川和杨承元分别发表。1935年王启无的“关于中国苔藓植物之研究及其文献”是一篇总结性的文章。30年代初陈邦杰开始对苔藓植物进行研究，以后专攻苔藓研究，发表不少研究论文，为我国苔藓植物研究奠定了基础。

淡水藻研究开展于20年代末30年代初，王志稼、饶钦止、李良庆、汪振儒是奠基人。海藻的研究是30年代初由曾呈奎(侧重经济海藻)、金德祥(侧重硅藻)开创的。曾呈奎连续工作至21世纪，是中国海藻研究的先驱者。

植物形态学研究创始人是张景钺，他的“蕨茎组织之研究”是我国最早的植物形态学论文。徐仁、王伏雄、李正理等都是他的学生。严楚江1929年的“梧桐性分化及花部解剖”是我国花果形态学的第一篇重要文献。唐耀是我国木材解剖学的开创者，1937年其编写的《中国木材学》出版。

植物细胞学的工作也开始于此时期。金树章、段续川、王宗清、吴素萱等先后于20年代末至30年代初开始了植物细胞学研究。段续川对植物制片技术的研究，王宗清对黑穗菌的细胞学观察及多种种子植物细胞核的观察等，当时都是比较杰出的工作。

植物生理学课程最早可能是张珽讲授的，其次是钱崇澍，再后是李继侗。后者的“光变化对光合速率变化的瞬时效应”一文是植物生理学的先驱性工作。我国植物生理学研究真正起始期是30年代初。罗宗洛、汤佩松及以后的殷宏章、娄成后、汤玉玮系统地开展了组织培养、矿质营养、呼吸代谢等方面的研究。

植物生态学和地植物学研究是从20年代开始的。钱崇澍、刘慎谔、樊庆笙、邓叔群、曲仲湘、汪振儒、侯学煜、朱彦丞等分别做过森林、草原、荒漠、海岛、高原、高山植被及生态学的调查，张珽、李继侗、仲崇信等还先后讲授过植物生态学。

古植物学研究，最早为周赞衡进行的。他

1923年的“山东白垩纪之植物化石”是我国第一篇植物化石的论文。斯行健在30年代起描述过许多古生代和中生代植物化石。徐仁在40年代开始描述泥盆纪和三叠纪植物化石，并长期进行古植物学的研究。

植物化学研究方面，王焕文在日本《药学杂志》发表的“关于茯苓的成分”(1909)可能是我国最早研究植物化学的论文。赵承嘏从1926年起发表了不少植物化学的研究论文。袁淑范在20年代也发表了有关贝母、山慈姑等植物成分的论文。30年代后，赵燏黄、汪酋、黄鸣龙、高怡生等都开展了有关药用植物的化学研究。罗登义、王兆澄还进行了食用植物营养物质的研究。

遗传育种研究是从改良农作物品种开始的。沈宗瀚、丁颖、金善宝等在20年代初起就先后对稻、麦、棉、大豆等农作物开始了研究。30年代后沈骊英、李先闻、杨逸农等也开始了这领域的研究并注重对玉蜀黍、粟、蔬菜等的工作。

这时期也创办了几座植物园。1915年陈嵘在南京创办了教学性质的树木园；1927年钟观光在浙江创办了一座植物园。相继还办了其他一批植物园，其中当时最大的是1934年由胡先骕倡导、秦仁昌任主任、占地近300 ha的庐山植物园。

植物学研究机构及刊物的创办　自20年代起，我国植物学研究机构及刊物相继创办。1922年中国科学社成立生物研究所，胡先骕任植物部主任，1928年钱崇澍继任，以后兼任所长。这个所着重植物分类学研究。1925年创刊《中国科学社生物研究所丛刊》。1928年静生生物调查所成立，动物学家秉志任所长，胡先骕任植物部主任，1932年继任所长。该所着重植物分类学的研究。1929年创刊《静生生物调查所汇报》。1933年在胡先骕倡导下，由静生生物调查所与江西农业院合办庐山植物园，由秦仁昌任主任。1929年刘慎谔创建北平研究院植物学研究所，并任所长。该所侧重植物分类学与植物地理学研究。1931年创刊《国立北平研究院植物研究所丛刊》。1929年中央研究院在南京成立自然历史博物馆，秦仁昌与蒋英先后任该馆植物部主任。1934年自然历史博物馆改名为动植物研究所，裴鉴任植物部主任。该所着重植物分类学研究。1929年创刊《国立中央研究院自然历史博物馆特刊》(*Sinensia*)，后改名为《国立中央研究院动植物研究所专刊》。中山大学农林植物所1927年在广州成立，陈焕镛任所长。1930年创刊《国立中山大学农林植物研究所专刊》，该所着重华南各省植物之研究。1935年陈焕镛在梧州又创建广西大学植物研究所，开展广西植物的调查采集工作。1932年中国西部科学院植物部成立，俞德浚、曲仲湘先后任主任。除上述研究单位外，如金陵大学、清华大学、北京师范大学、中央大学及其他大学的教师也做了很多研究工作。

1933年8月20日，由胡先骕、李继侗、张景钺、钱崇澍、秦仁昌等19人发起在重庆北碚中国西部科学院成立了中国植物学会，并创刊了《中国植物学杂志》。学会的成立标志着我国近代植物学发展已进入新的阶段，能独立地开展植物学研究工作。从1926年开始，我国植物学家进入国际舞台，参加在美国举行的国际植物学第四次会议，后相继参加第五次及第六次会议。陈焕镛当选过国际植物命名法规委员会的中国代表委员及分类学组执行委员。

自20年代末至1937年抗日战争爆发，是中国植物学第一段兴旺的时期。

抗日战争与解放战争时期的植物学　1937年抗日战争爆发，许多大学和研究单位纷纷内迁，损失了很多珍贵资料和标本，国

民党统治时期民不聊生，即使在这段时期内我国植物学家仍不中断教学与科研，获得很多研究成果，培养了一批人才。

中国科学社生物研究所在抗战初期由钱崇澍率领迁至重庆北碚，虽经费极为困难但对当地的植物和森林还做了研究。

中央研究院动植物研究所1937 年经湖北迁至广西阳朔，1940 年又迁往重庆北碚，1944 年分为动物所和植物所，植物所由罗宗洛任所长，1946 年迁至上海，在这段时期内植物学家罗宗洛等进行了微量元素及生长素的植物生理学研究。饶钦止等进行淡水藻研究。裴鉴等人进行了油料植物、药用植物等植物分类学研究；王伏雄进行我国特有裸子植物胚胎发育研究；喻诚鸿进行木材解剖研究。

中山大学农林植物研究所在抗战开始时由陈焕镛等把标本几经转移，并继续植物分类学的研究工作。广西大学植物研究所从1938 年起多次搬迁，标本全部遗失，至1946 年迁回桂林雁山，1947 年陈焕镛返所主持工作，改名广西大学经济植物研究所。北平研究院植物研究所所长刘慎谔于1936 年与西北农业专科学校校长辛树帜合作在武功兴办西北植物调查所，主要进行秦岭地区种子植物和真菌研究。1941 年刘慎谔去云南昆明，设立北平研究院植物研究所，与同事们进行云南植物及木本植物研究。林镕于1939 年去福建创办了福建研究院植物研究所从事福建植物研究。抗战胜利后，以上人员先后回北平研究院植物研究所工作，直至1949 年。

静生生物调查所抗战开始时即委托蔡希陶在云南组织后方基地，在昆明黑龙潭建立云南农林植物研究所。抗战期间，静生生物调查所和庐山植物园员工多数到云南，从事植物分类、经济植物及淡水藻类研究。秦仁昌在丽江研究并写出了中外瞩目的“水龙骨科的自然分类”一文。解放战争期间，蔡希陶引入了有名的云南“大金元”烟草。以后云南的烟草长期成为该省主要的财政支柱。1946 年庐山植物园丽江工作站结束后，陈封怀回庐山恢复植物园。

抗战期间，北京大学、清华大学及南开大学迁至昆明组成西南联大。张景钺、段宏章、吴素萱、吴征镒等一批植物学家在此讲授各门课程及进行研究工作。清华大学农业研究所也迁至昆明，汤佩松在此创办了植物生理研究室，后搬到昆明北郊大普吉。抗战期间40 多位各分支学科植物学家在此进行过研究，在细胞生理、植物生长素、植物油的利用等方面取得卓越成果。戴芳澜在农业研究所创建了植物病理研究室，俞大绂、周家炽、方中达等都在此进行过研究，对云南经济植物病害做了普查，对云南真菌进行了研究，取得很多成果。在此期间创办了《清华大学农业研究所汇报》和《生物化学汇报》两个刊物。

在此期间，郑万钧、曲仲湘等先后在云南大学任教，对西南地区的木本植物的分类和西南地区的森林、草原做了研究。1941 年时干铎和1943 年时王战先后在四川万县发现一古树，1948 年经胡先骕和郑万钧鉴定是活化石——水杉。此发现轰动了当时世界的植物学界。此外，1944 年厦门大学的赵修谦首次在我国发现川苔草科植物。耿以礼、何景等在四川大学、中央大学、西北师院、兰州大学都培养了不少人才，并做了植物分类学和地植物学的研究。曾呈奎在海藻研究工作方面发表很多论文，对发展我国海藻生产也起很大作用。

延安方面，1938 年后，边区政府组织李世俊、乐天宇等在陕北进行了经济木本植物调查。1940 年由乐天宇率领组织了森林考察团，提交了考察报告和边区森林保护与发展

植林、种草、开发南泥湾垦区的建议。1941年夏，延安自然科学院生物系和延安生物研究所联合进行了边区西南部的植物采集工作。经乐天宇、徐纬英综合，著成《陕甘宁盆地植物志》(1957)一书。

20世纪后半世纪中国植物学得到飞跃的发展　目前植物学界的共识认为国际植物科学的发展有三个时期，即描述植物学时期、实验植物学时期及现代植物学时期。我国古代虽然还没有植物学的名词，但对植物已有较深刻的认识，为我国接受西方的近代植物学思想，为我国植物学发展奠定了重要基础。自从李善兰等引入了西方的近代植物学之后，20世纪前半个世纪中国植物学是处于以描述植物学为主体并伴有少量实验植物学研究的局面。国内有一大批分类学家，采集了大量的标本并积累了大量的资料，出版相应的专著。在其他分支学科方面，例如细胞学、植物生理学、植物生态学、植物化学及遗传育种学，开展了一定数量的实验研究，取得一批成果，为下半世纪的发展在学术上及人才上都打下了基础。而后半个世纪的中国植物学得到了飞跃的发展。根据我国的国情，描述植物学的工作继续开展，发表了大量论文及各种植物志，其中最重要的成果是到20世纪末基本完成的共80卷125册的《中国植物志》。其他分支学科从实验植物学角度的研究工作也得到蓬勃的发展，已逐步进入到现代植物学的阶段，并已取得大量的成果，个别领域接近或已达到国际同等的水平。

1949年到1978年期间，除台湾省外，政治运动多，但在植物学会45周年(1978)年会上，仍反映了我国植物学科研工作新的水平。其中不少研究成果，如细胞亚显微结构、染色体分带、细胞杂交等，都已接近国际先进水平；中国植物区系和分区、华夏植物区系特点和胜利油田某些地区沉积相的讨论等是具有我国特点的理论性研究成果；花粉单倍体的研究、重要经济植物的引种驯化以及几种抗癌植物药的筛选，都具重要经济意义和社会效益；西藏地区的植物资源、植被、地壳演变的研究，是植物分类、植物生态、古植物、植物化学等方面综合研究的成果。

1978年到20世纪末，由于分子生物学和环境科学以及近代技术科学、数学、物理、化学的新概念和新技术被引入植物学的领域，植物学已进入现代植物学的时代。各分支学科在微观和宏观两个方面从事各自的使命和完成各自目的的同时，也已开始朝着微观和宏观相结合的方向发展。植物细胞生物学、植物发育生物学、光合作用和生物固氮等科学都朝着新的方向发展；植物分类学不仅向植物系统学方向发展，并已发展有细胞分类学及分子系统学；生态学已有分子生态学、群落生态、生态系统到景观生态学的各个层次的研究。生物多样性科学的出现，是动物、植物、微生物各分支学科与环境科学、信息科学综合研究以拯救人类生存环境的科学。以上各个方面在20世纪末都已取得可喜的成果。在应用方面，特别是植物生物技术如单倍体育种、转基因作物以及细胞培养方面都已在工、农业上发挥了作用。

在机构方面，根据植物学发展的需要，调整了旧有的机构，如在北京将原静生生物调查所植物部分和北平研究院植物研究所合并成中国科学院植物分类研究所，后因其他分支学科的并入而改称植物研究所。在各省还有昆明植物所、西北植物所、江苏植物所、华南植物所、上海植物生理研究所、沈阳林业土壤所(后改名为沈阳应用生态所)等等。此外，各大专院校也有设立研究所或国家级或省部级各类型的开放实验室，开展了大量的研究工作。值得提出的是，1956年由陈焕镛、

钱崇澍、秦仁昌及秉志等科学家向第一届全国人民代表大会提出92 号提案，经国务院批准，在广东建立了国家第一个自然保护区——鼎湖山自然保护区。植物学领域的专门刊物已有《植物学报》、《植物分类学报》、《植物生理学报》、《植物生态学报》等10 余种。在其他刊物如《生物学通报》、《实验生物学报》、《遗传学报》等也有大批有关植物学的论文。植物学达到空前繁荣发展的阶段。

参考文献

中国植物学会:《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

国家自然科学基金委员会:《自然科学学科发展战略调研报告》，北京：科学出版社，1993。

贝时璋主编:《大百科全书·生物学》(3 卷)，上海：上海科学出版社，1991。

中国植物学会：《2000 年中国的植物学》，中国科协2000 年的中国研究办公室，1985。

（钱迎倩）

植物生理学

(Plant Physiology)

植物生理学是研究植物生命活动规律的一门生物学分支学科。植物和其他生物有许多共同之处，但因它进行自养代谢，其生理功能有不少特殊性。

我国是一个具有悠久历史的国家。古代劳动人民在长期从事农业生产的丰富实践中早就对植物生命活动有了一些认识。在公元前14～11 世纪殷墟甲骨卜辞拓片中就有“雨不足辰，不佳、年祸”等记载。在其后闻名于世的《氾胜之书》(公元前1 世纪)、《齐民要术》(贾思勰，533～544 年) 等著作中，更分别有植物生长、发育等特性的叙述，这些都是和植物生理有关的知识。国际上，近代实验性的植物生理学的起源一般都追溯到16 世纪荷兰人范埃尔蒙的工作。他把一条柳枝栽在盆中，只浇雨水，五年后柳枝增重30 倍，而盆中土的重量减少甚微，因此他认为植物生长的物质来源主要不是土而是水。到18 世纪后期，英国的普里斯特利、荷兰的英恩毫斯等人相继证明了绿色植物能在光下将空气中吸收的CO_2和由土中汲取的水合成有机物并放出氧气。接着不少国家的学者分别发现和阐明了植物中的物质运输、水分吸收和蒸腾、矿质营养、植物的感应性和运动等现象。随着知识的积累和系统化，1800 年瑞士的塞内比埃撰写并出版了世界上第一部《植物生理学》。19 世纪后期，德国的萨克斯首先开设了植物生理学课程，使植物生理学成为一门专门的学科。到20 世纪20～40 年代，由于物理、化学、微生物学和普通生理学的进展以及生物化学、生物物理学的兴起，植物生理学也逐渐深入到细胞水平和细胞器水平。50 年代后，分子生物学迅猛发展，与植物生理学紧密交叉渗透。因此，《国际植物生理学年评》于90 年代开始改称为《植物生理和植物分子生物学年评》。当前植物生理学的发展趋势大致可分为三个方向：一为深入到分子水平探索植物独有的生理功能的奥秘；二为力求阐明植物多种错综复杂生命活动间的配合联系及其调控机理；三为全方位地将植物生理科研成果应用于农业、环境维护、医疗保健和农副产品深加工等社会实践。

我国近代植物生理学于20 世纪10～30 年代在张珽、钱崇澍、李继侗、罗宗洛、汤佩松等相继留学回国后而开始建立。但由于战乱等原因发展较慢，直到40 年代末，专业队伍总共不过30 人。新中国成立后，各地区科研机构和大专院校中都逐渐设置了植物生理研究室和教研组，结合各地特点开展科研和教学。中国科学院在上海建立了植物生理研究所。1963 年全国植物生理学会成立，并定期出版《植物生理学报》和《植物生理通

讯》，交流科研成果和教学经验。到20世纪末，全国已有植物生理学会会员3 000多人，在植物生理学的各主要领域都程度不等地做出一些工作成果。

光合作用　这是作物独有的最突出的功能，被诺贝尔奖基金会称为“地球上最重要的化学反应”。它不仅使植物有别于其他生物，而且它合成的有机物和释放的氧气为地球生物圈的形成和运转提供了主要的物质基础。对于人类的生存和可持续发展来说，它也是获得食物、生产原料和能量的可再生来源。因此，对它的研究一直受到高度重视，已召开过11届国际光合作用会议并有两种专门登载光合作用论文的期刊出版。在中国科学院上海植物生理研究所，殷宏章于50年代领导开展了光合作用研究，着重能量转换机理、光合碳代谢酶学以及与农业、环境等有关的生理探讨；中国科学院植物研究所在汤佩松领导下，于60年代在光合色素蛋白复合体和原初反应等方面开展工作。两研究所分别于80年代和90年代都获得国家自然科学二等奖。1977年，中国科学院在广州召开了全国光合作用研究座谈会，邀请了不少其他学科对光合作用有兴趣的人员参加，对我国光合作用研究的扩展起了促进作用。自1980年起，全国植物生理学会每隔1～2年即举行光合作用学术讨论会，交流各地光合作用研究的进展。1985年联合国环境规划署在上海举办了第七届生物生产力和光合作用培训班，显著推动了我国光合作用的生理、生态研究。1988年在上海召开了国际光合作用调节和效率的学术讨论会，国外有40余位学者来参加，其中不少是知名科学家，国内各单位共提供论文90多篇，内容涉及会议所包含的十个方面的工作。

细胞生理　植物的细胞在结构和功能上都有不少特殊之处，它外包细胞壁和内含质体，并且体细胞常具有全能性。罗宗洛及其学生罗士韦等在30年代就开展了组织培养研究，这在国际上也是较早的，并首先成功培养了石刁柏茎尖。新中国成立后，北京、上海、兰州等分别成立了有关植物细胞研究的实验室，70年代起在有关领域都有开展研究工作，且更注意联系实践应用。国际上从花粉培养得到的多种植物的再生植株中约有1/4是我国首先成功获得的，由于在工作中注意了单倍体后代的遗传变异，有一批水稻、小麦等的花粉培养品种已在生产上推广。国际上从原生质体培养得到的再生植株约有1/6是在我国首先完成的，这为进一步研究原生质体的生理特性，开展细胞工程和基因工程提供了良好基础。国际上在60年代初从兰花的组织培养发展起兰花工业。我国自70年代起，也有数百种植物的快速繁殖获得成功，并在良种繁育、快速繁殖获得脱毒苗和拯救濒危物种等方面推广应用，对农业生产和生物多样性保护等方面起到了显著促进作用。从80年代起，中国植物生理学会和其他学会经常召开有关细胞生理的学术讨论会，并在1992年受联合国委托在上海举办了国际植物细胞培养及植物分子生物学培训班。

植物生长与发育　植物的生长主要是通过细胞的分裂和膨大而进行的，发育是通过细胞的分化而引起的多种组织和器官的形成和变化。它们和动物的生长发育有共同之处，但也存在很多特点。植物生长没有定限，体细胞具有发育成整个植株的全能性。高等植物的发育包括受粉与受精、胚胎发育、种子形成和萌发、器官分化、成花生理、衰老等。植物从营养生长（叶、茎、根的生长）向生殖生长（分化花芽、开花结实）的转化过程受内在因素和外界环境的制约，常与自然环境的年度变化密切相关，较早就为人们所注意并进行研究。随着分子生物学的迅猛发展，

近一二十年来它已深入到这些过程的基因调控探讨。

新中国成立后对植物生长和发育生理的许多问题都逐渐开展了工作，尤其是在结合作物栽培方面工作更多。作物开花过程的调控与春化作用和光周期现象紧密联系在一起。春化作用是一个低温诱导特异基因表达的过程,中国科学院植物研究所的研究表明，经一定时间的春化处理后，可观察到一些基于转录水平表达差异而产生的特异蛋白质的表达。适当的光周期诱导对许多作物开花是必要的。我国科研人员通过对栽培水稻不同品种的系统研究，阐明了它们对光周期反应的开始和结束的时期与幼穗分化的关系，以及光周期过程对温度的依赖性等。这对水稻生产上的引种、管理具有显著的指导作用。90年代中期，我国发现了晚粳水稻的自然突变体，它在雌雄分化前后，对光周期敏感，在长日照下表现为雄性不育，而在短日照下可育。该结果有助于我国水稻杂交优势利用工作。

作物体内的物质运输和信息传递　作物没有动物那样的血液循环和神经系统，但是与其生理特性相适应，它通过细胞间的共质体和质外体的联系及维管束系统的连接，也能使各器官具有频繁的物质运输和信息传递，从而具有良好的整体性生命活动。关于这领域的研究，国际上在20世纪开展得很活跃。我国许多科研人员也结合所遇到的问题，包括无机物的运输、光合产物的分配、源库关系和多种信息的传递途径等积极探讨，并且在有些方面做出了显著贡献，如娄成后等证明高等植物营养组织中核物质、细胞质的穿壁运动是一个固有的生理现象。

呼吸代谢　植物除了在绿色部分能营自养代谢外，在所有器官中都要进行呼吸代谢。其主要反应途径与其他生物类似，不过也有其明显的特点。植物常有抗氰呼吸，并广泛存在多酚氧化酶，它可大量合成纤维素、木质素等，这是动物中所没有的。植物所产生的次生代谢物的种类与数量都比动物多几倍,这是与它们对多种逆境的适应有联系的。汤佩松在30年代起即对植物的呼吸代谢开展研究。50年代后，他领导科研人员探讨水稻幼苗等的呼吸代谢，并提出了植物呼吸代谢的多条途径观点。全国不少单位都结合多种植物的特殊问题进行探讨，如研究果实的呼吸跃变而考虑合适贮藏方式，了解荔枝果皮的多酚氧化酶特性，分析油菜荚的呼吸途径，寻找多种植物次生代谢产物的利用可能性等。所得结果对生产实践有显著的推动作用。

矿质与氮素营养　植物的自养代谢特性除了体现在能通过光合作用合成有机物外，还体现在可吸收和同化环境中的多种矿质元素作为营养来源，虽然它们的总量只占植物体干重的百分之几，但它们对作物的生长发育却至关重要。在矿质营养中，高等作物对氮素一般是以硝酸盐或氨盐的形式吸收的，它们在土壤中数量不多，常成为生长的主要限制因子,但大豆等植物能和微生物共生,固定空气中的氮气作为营养来源。我国在30年代罗宗洛就开展氮素营养研究，以后他又探讨了微量元素的营养作用。新中国成立后,全国各地许多科研机构和院校都结合农业生产进行了大量矿质营养研究。在70年代，国际上生物固氮分子生物学探讨刚兴起时，我国不少单位也开展了这方面的研究，并且做出了显著成绩。

水分生理　水是所有生物进行生命活动所必需的,对植物来说更是光合作用的原料。陆生植物更需从土壤汲取大量水分供其叶片等蒸腾散失。因此，对于水分的吸收、运输、利用和散失过程的研究是植物生理学的重要

内容。我国北方广大地区都缺水，水是农业生产的重要限制因素。新中国成立后，不少单位研究作物生长发育各阶段需水的规律，为旱作和节水农业提供理论基础。

逆境生理　植物是由环境中获得光能和无机物来进行自养生命活动的。它与环境有巨大的接触面，不易移动。在遇到不良的环境条件时难于趋利避害，只能逆来顺受，因而植物对逆境的响应和适应过程是一个极受重视的研究领域。我国幅员辽阔，自然环境复杂。新中国成立后，经过调研，各地区针对其环境特点开展了有关植物抗旱涝、抗盐碱、抗高低温、抗病虫害、抗污染、抗辐射等生理研究，中国科学院上海植物生理研究所还专门建立了大型人工气候室，以便进行较深入的探讨。所得结果对农业生产、绿化造林等有很重要参考价值。近年来，有不少问题已深入到分子水平进行了解。

生长调节物质　植物和动物类似，也能产生一些激素来协调各部分的生命活动，但种类和性质常不相同。在20世纪中，已发现多种植物激素，且对它们的功能和相互关系有了一定认识。人们在这基础上，合成了一些激素或其类似物以及其他有生理活性的化合物，它们通称为生长调节物质，并开始在农业生产中应用。我国有些学者对激素的作用和代谢机理的阐明曾做出过贡献，有不少单位从事生长调节物质的应用研究。

参考文献

殷宏章：植物生理学，见：《中国大百科全书·生物学Ⅲ》，北京：中国大百科全书出版社，2 227～2 229，1992。

夏镇澳：中国植物生理学发展概况，《中国植物生理学史料汇编，1～5》，中国植物生理学会，1993。

邹承鲁等主编：《当代生物学》，北京：中国致公出版社，605～635，2000。

（沈允钢）

植物的感应性 (Plant Irritability)

一、绪言

植物的感应性是指植物能够感受外界与内部的变化（刺激）而对之做出适当的反应。近代植物生理学发展的初期，植物感应性的探讨颇受重视。然而大田的生产措施通常却把固守岗位的植物当做被动的生产工具，听命于人为的摆布，很少考虑作物有主动的应变功能。因此，这就使得直接影响作物产量的植物营养与代谢受到重视，而植物感应性一度受到冷落。

50年代，在全国植物生理学研究的统筹规划下，娄成后组织和领导我国的“植物感应性与整体性”研究小组开展工作。研究工作虽然几经断续、人员更替，仍然能够延续至今。

植物激素的发现　生物进化论创始人达尔文在对植物运动的总结中提到：蚕豆胚根的尖端对多种外界刺激的敏感度可以和蠕虫的头脑相比拟。他在探讨燕麦胚芽鞘向光性的实验中发现：胚芽鞘对光照敏感的部位是在尖端，而向光弯曲的部位却在下段，因此两者间必须有信号的传递才能完成。经过Blaaw、Went等两代人的不懈努力，终于导致首例植物激素“生长素”的发现，并带动了许多有特效的天然激素与合成药剂的搜寻、试制与应用。植物生长调节剂与除草剂一跃而高居农药的首位。这是植物生理学基础研究继化学施肥之后对种植业又一划时代的贡献。娄成后研究组50年代起就引入了这项新技术，并在田间生产上试用与推广，多年来陆续发展它们在果蔬保鲜、稻田化学除草以及夏季换茬田上的覆盖免耕的应用。

光周期（photoperiodism）的发现　20世纪前期，Garner、Allard等发现温带作物在

一定的季节开花是由季节的温度高低与日照时间长短来调控的，从而导致光（温）周期现象的建立与几种植物色素的发现。感受光周期的部位是叶片，而反应却在茎尖的生长锥。两者间需要有信号的传递。根据这些发现，人们可以在作物生产中制定出调节光暗与温差的周期性变化来调节作物的生长发育的进程，随意提前或推迟开花结实。最近又有一系列的研究发现：植物遭受到逆境的胁迫时，会出现抗逆性的反应。故植物感应性的研究又逐渐受到重视。

卷须的快速运动　达尔文在西番莲（*Passiflora gracilis*）卷须的运动观察中，注意到：它的尖端受到轻微接触的刺激后，下段出现的弯曲反应快速得难以用激素转移引起的生长或膨压运动反应来解释。根据从食虫植物运动所做的实验中获得的线索，他认为这类运动也可能由当时动物界发现的神经—肌肉活动的机理（也即是电波的传递与原生质的收缩运动）来操纵。这设想当即受到植物界Sachs等权威人士的强烈反对。他们举出：植物的形态结构既没有动物中传讯的神经，又没有伸缩的肌肉，何以实现这样的机理？

二、植物生长发育中物质、能量与信息的交换

高等植物是由细胞、组织、器官多层次结构组成的对环境开放的系统。系统中这些结构处境不同，分工各异。由于感受刺激的部位和反应的部位时常不在一起，两者间有高度的特化与分工。它们的不同部位对外界刺激敏感程度很不相同，并且随时间（生物钟）而改变，对多种刺激特别敏感的部位是在根—冠的生长尖端。植物中还有一些特化的敏感部位，如叶片的气孔、茎叶的关节。因此各部位之间（细胞内外、细胞间、组织间、器官间、个体与生态环境间）除了各自专营的有机或无机营养物质需要交换外，还需要互通信息才能做到整体的协调共济。植株在多变的环境中获取生产资料，解除逆境胁迫来维持生存；在维持整体的行为中，贯串全身的维管系统承担着物质、能量与信息转换的重任。刺激是引发植物反应的事务总称。信号则是在植物体内传递与引发具体生理反应的信息载体。

顶端优势（apical dominance）　植物的生长习性与动物的不同，可以维持无限期的尖端生长。顶端生长点既是次生营养器官分化的发源地，又是营养体向生殖体转变的所在。它对内外环境变化的感应非常敏锐，具有统治下属器官的顶端优势，乃是多种信息相互作用的主要据点。它在生长中感受输入信号做出反应，同时发出信号到周身来协调整体的活动。它们比起长成的组织来，更能够感受多种刺激而做出更为显著的反应。正因为如此，植株的形态和功能随时随地都在适应着环境而改变。它的器官主动地搜寻分散在周围的生产资料来谋求生计：根、茎、叶不断地分支伸延，向四处铺展。它们和周围环境接触的面积远超过植株所占据的地域（包括根毛与土壤的，叶肉组织与空气的接触面）。大气中存在的CO_2和土壤中矿质元素的成分都只有万分之几。水分、肥料多附着在土壤颗粒表面。植物的根、茎、叶就是靠有目标地伸展它们的接触面来获取所需的能量与物质。植物的个体发育能以自组织的变换方式来适应环境的多样变化，同时还要保持固定的间架与内稳态来执行正常的功能。因此，它们必须要在一定时期内，以不拘一格的方式来保障这种稳态。例如，为了保持体内水分的含量的稳定，根系通过生长不断地追寻水源，叶片也经常要通过气孔的开闭运动来调节散失水分的速率，植株的形态特征也都通过各种变化调节水分的吸收与散失。概括

地说，植物的个体发育与形态结构乃是遗传属性与环境信息相互作用的产物。

三、植物体内信号的胞间传递

高等植物体内信号的交换大概不外乎电波传递与激素转移两种类型。信号传递（与物质运输）是在细胞间进行的。传递的通道既可以是在组织内的原生质通过胞间连丝（plasmodesma，以下简称连丝）联络构成的连续的共质体（symplast），也可以是由组织外围的胞壁间隙连接构成的质外体（apoplast）。娄成后等利用植物组织细胞间的电阻的测定显示：组织内的原生质通过胞间连丝连接在一起，保持着贯通的连续性（胞间电耦联），乃是电解质转移与电波传递最为有效的通道。他们曾分析过：连丝的蛋白质结构和动物细胞间的缝隙连接（gap junction）近似。用荧光染料探针进行显微注射，可检查出胞间连丝通道容许通过的物质颗粒大小的极限。

连丝三态　经娄成后等长期系列的探讨，判定出胞间连丝具有三种不同状态。正常连丝内部的固定结构（连丝微管、孔环、括约颈），贯串着细胞间的质膜与内质网。它们在胞壁中的分布与密度以及它们的结构，都可随发育与生理状态而改变。它们容许通过的颗粒大小的极限也随之在改变，因此定名为“可控态（controlled state）”。娄成后等曾对大麦条纹病毒系统感染的组织做过显微检验，获得病毒通过可控态连丝转移的迹象，一旦侵入寄主植物，就可传布周身！连丝还有完全被堵塞、断绝胞间往来的“封闭态（closed state）”，封闭态时常出现在不活跃的休眠组织中。用小麦正在发育的胚珠以及葱蒜的衰退鳞片进行显微镜与电镜观察，发现一部分连丝的内部结构解体，口径扩大，进入所谓的“开放态（open state）”。开放态连丝可以容许原生质团粒与细胞器的穿越，在活体制片上用显微电影与录像获得原生质在胞间活跃运动的记录。生理生化实验显示：这些团粒可以借 ATP 供应的能量推动自身在胞间转移。据此，小麦等植物个体发育的新老更替中，营养体细胞内含物向生殖（繁殖）体的彻底转移中，确有不定形的原生质团块与高聚物的参与；而胞间传递的信号不仅限于已发现的、结构简单、作用广谱的小分子激素，也会有信息量富集、结构复杂、性能特异的高聚物。

植物的个体发育与整体行为不仅取决于细胞内基因的表达，而且还为连丝构成的细胞间网络变动所左右。植物在应付环境变化中，建立了组织间细胞网络的固定联系与分区。环境信息，除了启动基因的表达外，在组织形态上也打下了烙印，改变了植物个体发育的进程！

四、植物体内信号的远程传递

植物体内各部位间远程交换信号（机械性的杠杆传动与水流冲动除外）的两种方式（电讯传递与激素转移）是在维管束内共质体中心的筛管，或是质外体中心的导管进行的。化学信号的远程传递可以在维管束内随汁液的流动而转移（导管的蒸腾流、筛管的汁液压流以及质外体内的水流冲动）。感受刺激的部位释放的激素类物质，随体内液流转移，被靶细胞接受后发挥作用。感受刺激的部位还可以主动地在原生质连续体内兴起电位差来推动信号的转移（如生长素的极性转移）。电波传递则要依靠传递组织的活动，以逐步递交的方式来传递。两者相比，电波传递比较快速、稳定，但传递范围时常限制在敏感性都较高的组织内。化学激素随液流被动地向各处转移，速度不定。

动作电波传递　19 世纪末发现，动物神经的信号传递可以电脉冲（本文称为动作电波action wave，以下简称AW）的方式进行。

类似的电波传递方式也在一些敏感植物中发现。Bose 等在含羞草等敏感植物所进行的系统研究中，无伤害的电脉冲，当超过阈值时，就会激发出针锋突起的典型AW 来（图1. A)，并会沿生活组织以阶跃的方式(像爆竹的导火线那样）递交给其他部位。他证明，这样的电波传递与当时动物神经传递所遵循的“全或无”等规律基本一致。娄成后等在50 年代前曾用敏感植物确切地证实了他的结论。

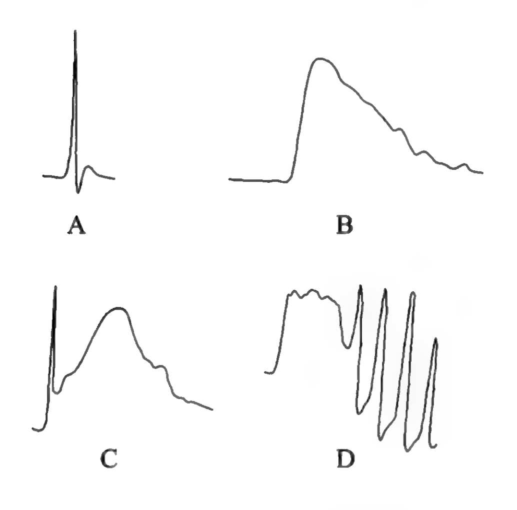


图1　电波的几种类型

A. 动作电波（AW)；B. 变异电波（VW)；

C.［动作＋变异］电波；D. 电波振荡

Bunning、Umrath 等报道了一些食虫植物、攀援植物、花器官敏感的植物中出现的 AW 传递。娄成后等在继续搜寻具有 AW 传递的植物中，发现：和Bose 的主张相同，敏感植物与非敏感植物之间，并没有截然分别的界线，中间有不同敏感程度类型的存在。他们从而设想：各种植物的细胞都具有对刺激敏感的潜势，随物种和其所处的生理状态而有不同的表现。有些植物只是在它的特定部位与一定的发育时期才能表现出高度的敏感性来。例如小蘖（*Berberis thunbergii*）的植株中，只有雄蕊在受粉期才对轻微的触动发生弯曲动作。含羞草枝叶对刺激的敏感度昼夜不同，AW 传递时常限于枝叶的一部分。他们用干旱等逆境处理一些普通植物，居然能够提高其敏感度到出现AW 的传递，甚至会自发地出现持续的电波振荡，达数小时之久（图1. D)。

Osterhout 曾对轮藻（*Nitella* spp.）的节间巨细胞中的AW 传递做过细致的探讨；Cole 和Curtis 用之代替单神经纤丝来探讨电波兴起的机理。娄成后等经常用这种巨细胞来进行电波传递机理的探讨。

变异电波的传递　从 20 世纪初起，Ricca 等先用含羞草，随后用一些普通植物，发现在茎或叶的一端受到伤害刺激时，就会激发出峰峦崎岖、起伏不定的变异电波（variation wave，VW）向远处传递（图1. B)。电波传递速度时常和蒸腾流保持一致。更多的实验确切地证明，受到伤害的部位释放出的一些微量物质（伤素或称Ricca 因素）可以随体内蒸腾流（或其他方式的汁液流动）转移，所到处的生活组织就被激发出VW来。更令人信服的证据来自一些实验：伤素可从受伤部位提取出来，并得到化学鉴定；而用之来局部处理枝条，就可以诱发出VW 和其传递的反应。因此，VW 传递应看成是伤素在体内的转移的反映。

然而Snow 等曾经发现：VW 传递并不仅由液流支配，还可以独自进行。娄成后等的测验表明：VW 传递非常普遍，所有在园地里随机采试过的植物(包括稻麦棉农作物、仙人掌肉质植物)都会被局部烧伤激发出来。娄成后等还曾用过具有辐射叶脉型的旱金莲（*Tropaeolum majus*）圆叶片做实验：在叶片边缘上进行局部烧伤，就能激发出VW 向中心的传递。VW 既可以沿维管束又可沿叶肉组织传递。传递速度沿前者要比沿后者快几倍，传递的方向和蒸腾流相反。VW 的前沿偶尔可检查到AW 的针锋，出现AW＋VW 复

合波的特征（图1. C)。

电波传递与化学传递的争论 高等植物中电波传递的测定大都是在多重组织构成的枝叶上，用无伤害与有伤害的两类刺激激发出来的。记录到的电波因而是敏感度不同的组织的综合表现。Houwink 用局部烧伤含羞草叶柄，得出 AW+VW 的复合波。但若先用无伤害刺激，激发出AW 传递来，当传递AW 的组织处在不应期时，随即用烧伤刺激叶柄，却只能激发出VW 的传递来。他从而证明：AW 与VW 的传递是分别在敏感度不同的组织中进行的。娄成后等的系列实验表明：高等植物中信号的电波传递在所有植物中都能出现；在敏感度高的组织中用无伤害的刺激就可以出现AW 传递，速度约在1～3 cm/s；在敏感度低的组织则需要剧烈的刺激（烧伤最有效）才出现VW 传递，速度比 AW 慢些。

植物中 AW 的传递需要在生活组织中进行，遇到生理障碍就会中断。VW 传递可以通过一段死去的组织。不论AW 还是VW，植物体内电波的信号传递究竟如何进行，Bose 与 Ricca 两派间发生了激烈的争论。Bose 坚持主张 AW 传递是在无伤害的局部刺激而引发的电位变化，以局部电流回路阶跃的方式，通过生活组织递交给其他部位，无需化学物质的参与。对于用有伤害刺激产生的电波传递，Ricca 认为是伤口释放的伤素类化学物质随汁液流动而转移的次生效应。VW 乃是伤素所到处诱发生活组织给出的标志。但他的解说显然和 VW 可以背离水流自行传递是不相容的。

植物体内信号传递中的乙酰胆碱 正当两派意见相持不下的期间，动物神经－肌肉间AW 传递的研究中却发现：具有激素活性的乙酰胆碱（简称ACh）作为“神经递质”参与电波转递。当神经－肌肉的交接点（突触）上，神经释放的ACh 被肌肉接受后才能启动肌肉伸缩。AW 在神经间或神经－肌肉间的传递得以反复地进行。作为递质的ACh 得到胆碱能系统成员（胆碱乙酰基转移酶、ACh 酯酶、ACh 受体）的协助，在肌肉端结合后随即解体，而在神经端又重新合成。

大量研究发现ACh 和胆碱能系统成员也广泛存在于植物界，并证明ACh 在许多生理过程中发挥着激素的调节功能。单就 ACh 的生理效应中和植物感应性运动有关的来说，它可以诱发原生质的膨胀和改变细胞表面的电荷，而且可以直接启动含羞草叶柄的运动。因此，曾经有过建议：ACh 在植物的电波传递中也可能发挥递质的作用，但在文献中未见到过实验的证明。

为了检验达尔文为卷须快速运动提出的神经－肌肉机理假说，娄成后等试用丝瓜卷须的快速弯曲运动做实验，证实：卷须的尖端感受到刺激后，会发出电波传递给下段，并有ACh 递质的参与来启动原生质内微丝与微管的变构。只有这样，卷须才能迅速地显现出向触性的弯曲来。他们用几种抑制剂处理卷须，分别阻断电波的兴起以及微丝、微管的活动，都能有效地遏制卷须的快速运动，固然随后卷须还会出现渗透调节的膨压运动。用甘薯叶片上气孔的保卫细胞作为实验材料，进行同样的抑制剂处理，也获得遏制气孔运动同样的效果。反之，用适当浓度的ACh 处理卷须，就能促进电波传递的速度与反应的进度与强度。由此可见，无论是AW 还是VW 传递，既有局部回路的电流，又有化学激素的递交。动植物体内电波的传递同属于电化学波的范畴。电波传递快捷，其速度随传导组织的敏感度而定。化学递质有其特异的生理效应。电波信号到达终端要借助释放的激素来启动反应。

根—冠间的信号传递 植物根系深埋土

内，冠部高举空中，两者所处环境悬殊而且变幻不定。然而在水肥与营养的供求上却要相互调剂，保持平衡。植物生长初期，根系领先于冠部，占有更为主动的地位。近年来，娄成后等首先发现：完整植株的根系在正常生长情况下会产生 ACh 供应给冠部，使得叶片气孔的昼开夜合以及对光照的敏感度得以维持。虽然ACh 在植株中分布很广，但冠部的ACh 容易被分解，含量很低，需要根系尖端来供应。当受到干旱的胁迫时，根系对冠部ACh 的供应减少而代之以脱落酸（ABA）的增加，共同作用于气孔，促使其关闭。根系受到有伤害的刺激，会立即发出电化学波来，当传递到达幼茎末梢时，立即抑制其伸长，随后才辗转传递到叶片上的气孔，诱发它们的关闭。植物根系是在不同的遭遇下分别产生与发出不同的电信号传递到冠部来调控其生理活动，有如表1 所示。

表1　根系在不同生长条件下向冠部输送各种信号来遥控气孔行为

生长状态	输出信号	气孔行为
正常生长	乙酰胆碱	昼开夜合
干旱胁迫	脱落酸增加	气孔关闭
	乙酰胆碱减少	
局部伤害	导管水流冲击	气孔先开后闭
	伤素	
局部烧伤	电化学波	气孔关闭
	伤素	

激素的发送　实验显示：根系尖端是一些激素的主要发源地，可以同时或是先后发放几种激素（除ACh 之外，还有激动素、生长素等）向其他部位传递信息，借以号召各样的靶器官各自做出适当的反应来。以几种激素等物质（可能还有氨基酸、维生素等）作为化学信号，激素的成分既不同，而且各自的含量又随承担的任务而有差异。用激素组合来传递信息可以使调节作用更为确切，恰如其分；而且不同部位可以接受不同的信号并做出反应。例如，甘薯根系在干旱的胁迫下，产生的 ABA 较多，而ACh 较少。当它们作为信号输送到叶片上气孔的保卫细胞时，就会启动气孔的关闭。卷须尖端感受触动后，立即发出动作电波，传递并启动下段依次收缩而出现快速的弯曲。随后还有乙烯、生长素的释放来调节卷须缓慢地转头运动和螺旋性的伸长等一系列的反应。有些形态的建成过程是在几种激素等活性物质的配合下才能启动的。

五、信号的细胞转导

一般说，信号是植物的某些部分被刺激或本身自发而释放出来的生理活性很强的化学物质。它的含量极微，传播、散布到植株周身后，更是微不足道。然而它却能在植株中诱导出非常显著而持久的生理效应来。其中的关键可能落在特异信号和靶细胞的受体结合上。因此发掘受体的结构、揭发它与信号之间的相互作用和对植物生命过程的调控，成为积极探讨的项目。

细胞质膜上镶嵌着多种的蛋白质，它们承担着细胞与外部各种物质和信号的交换。外来信号首先要和其特异受体结合后，改变了阴阳离子在膜内外交换的选择透过性，膜电位和电阻也随着发生波动，再通过次级信号的接替，启动原生质的反应。例如，动物神经的质膜上首先确定有两种类型（N－型与M－型）ACh 受体的存在，随后在植物中也都已找到。最近娄成后等用膜片钳与共聚焦显微镜等技术来阐明 ACh 和保卫细胞质膜上两种ACh 受体结合中，对胞内Ca^{2+}、K^{+}等离子浓度以及微管、微丝结构的影响。

总而言之，植物的感应性体现在其体内各层次结构间的信号转导，从而启动基因的表达、蛋白质的合成、酶促反应、细胞间联络、原生质的运动等多种变化。这些变化进而促进或抑制植株的营养代谢、生长发育、形

态建成、次生物质形成等长期的效应和个体发育的进程。植物通过信号交换还可以和共生或寄生的生物（如固氮菌、病原体、昆虫等）相互影响。

参考文献

娄成后：高等植物的命脉—— 维管束之谜，见：余叔文主编：《植物生理与分子生物学》，北京：科学出版社，500～573，1992。

娄成后，王天铎：《绿色工厂》，长沙：湖南科学技术出版社，1997。

娄成后：高等植物对环境变化的整体反应，《世界科技研究与发展》，21，1～7，1999。

娄成后，冷强：《生命科学》，2，4～7，1996。

（娄成后）

呼吸代谢多条途径（Multiple Pathway of Respiratory Metabolism）

汤佩松提出了高等植物呼吸代谢多条途径的观点。高等植物呼吸代谢多条途径，是用来表达代谢途径的改变和控制及其与其他生理功能间的相互制约的一种观点，其含义是：高等植物的呼吸作用并不是单纯的生物化学过程的结合，而是与植物其他生理功能相互依存、相互制约的一个生命基本活动过程。在生命活动过程中，植物把贮存于其机体的化学能(如淀粉)，一部分转化为生物功，一部分转化为具有更高序性的结构(负熵)和组合形式（器官建成)，以维持有机体的存在状态和功能。在基因潜势所确定的限度内，是酶所控制的呼吸代谢过程，控制着植（生）物的形态结构和生理功能。在一定的范围内，这一过程也受内因（生长发育、激素等）和外界条件（温度、水分、氧分压等）的影响和调节。

呼吸作用是有机体生命现象的一个最基本的过程。植物和动物、微生物一样，通过呼吸作用，将底物逐渐降解为CO_2和水，同时释放能量，为其他生理功能提供能源和原料。呼吸作用可分为两个主要部分：①底物的降解或称呼吸中间途径，是底物水平的降解；②电子传递链或称呼吸链，是将来自底物降解的中间产物的电子传递给氧，同时产生能量。自50年代开始，汤佩松对种子萌发过程中低序性物质转变为高序性的组织结构和能量转换进行了一系列研究，1956年提出代谢多途径观点，1979年又做了深入全面的阐明。他在同一种活着的植物(水稻幼苗)中，证明底物降解过程有糖酵解、磷酸戊糖途径、三羧酸循环、二羧酸循环和乙醛酸循环等途径，而且三羧酸循环、二羧酸循环和乙醛酸循环同时运行着，其比例大约为10∶2∶1。电子传递至少有四条途径：第一条定位于线粒体膜内侧，对鱼藤酮、抗霉素A及氰化物敏感；第二条也定位于线粒体膜内侧，但对鱼藤酮不敏感；第三条能氧化外源NADH，对鱼藤酮不敏感而受抗霉素A抑制，其脱氢酶定位于线粒体内膜外侧；第四条是在氧化外源NADH时，如有外源细胞色素c存在，可以通过线粒体外膜上的对抗霉素A不敏感的NADH脱氢酶进行电子传递。在水稻中还有抗氰电子传递途径，或称交换途径(alternative pathway)。水稻幼苗的器官建成和形态发生受氧分压控制。在低氧条件下，幼苗以厌氧呼吸为主，器官建成主要为胚芽鞘的伸长，根、芽生长发育不正常；在氧气供应充足条件下，幼苗以有氧呼吸为主，器官建成主要为根和芽，幼苗能成为壮苗。由代谢多途径观点和上述结果而得出以下两点推论：

1. 高等植物的呼吸代谢不会只遵循一条固定不变的途径进行，而必然是多条的。这些途径在时间上是并行和交错的，在空间上是多方位的。多条途径在时间和空间上的不

同强度和速度的搭配，构成了植物体的代谢类型。植物和环境的统一是通过代谢类型的改变而达到的，即通过包括适应酶等的体内酶的形成和它们的活动方式而达到的。这些酶的活动方式是多种多样的，因而导致了代谢强度和方向的多样性。由于植物体内代谢是多头进行而又相互关联，保证了植物对环境适应的灵活性。由于体内酶活动的辩证关系，导致不同效率的能量转变和不同质与量上的物质转化，并进而导致不同方式的器官形成，最后表现为植物生长发育的形态结构和生理功能的差异。在代谢过程中，由底物氧化产生的自由能，除一部分在进行各种生理功能的同时以热能形式消耗外，其余部分随着熵的降低，用于将低序性物质转变为（表达为）高序性的组织（器官建成）或做生物功（如幼苗出土而做功）。呼吸代谢是生命活动的推动力和结构物质的来源。

2. 代谢作为完整植物或器官的一种生理功能，是基因通过调控酶活动来控制的。代谢的改变调节着其他生理过程；反过来，功能的改变又在一定程度上调节着代谢，甚至影响基因表达。在基因属性范围内，酶所控制的形态、结构、功能的表达，是通过多条路线的代谢过程实现的。代谢是遗传学上的中心法则与生理功能表达的连接桥梁，即DNA→RNA→蛋白质（酶）→代谢→结构、功能、形态（表达）。基因、代谢、结构功能三者之间，基因规定了功能表达的可能性，而这种可能性变为现实（真正表达为结构、功能）则通过代谢来实现。生命过程就是代谢过程总和的表达，代谢在有机体生命活动中起着中心位置的作用。代谢多条途径观点在国内外植物生理学的各领域研究中得到了不少实验的支持。1974年，英国的J. M. Palmer等总结出植物和酵母有四条电子传递途径，几乎和水稻中的多条电子传递途径相同；1976年，美国的F. C. Steward也提出与汤佩松的代谢多途径相似的观点；1992年，美国的G. Hrazdina等从酶在细胞中的立体分布提出了代谢多途径观点。代谢多途径观点中关于基因表达通过代谢而实现以及代谢对基因表达的调控思想值得认真考虑。

（梁　峥　匡廷云）

植物发育生理（Plant Developmental Physiology）

近100年来，全球有关植物发育生理的研究以调控植株个体的生育期为主，其中心环节是对开花过程的调控，高等植物的春化作用和光周期现象是控制开花时间的最主要因子。在大量研究的基础上提出了“开花素”假说，即促进开花可能由于某些或几种信息物质的作用的形成而起作用的。所以长期以来主要的研究集中在证实特定信息物质的存在及其化学性质，其中包括已知的生理活性物质，但至今尚未成功。

春化作用　植物春化作用是某些重要基因在一定条件下按一定时空顺序不断解除阻遏及启动某些程序性表达的结果，它决定着生长点的分化方向。环境信号（如低温）刺激植物细胞后，可能通过受体引发细胞内一系列的信号转导，而控制开花启动过程和花器官分化。

经长期生理学研究，发现众多的内源生理活性物质在开花诱导过程中都能影响其进行的速度，因此很难找出控制点或突破口。在春化过程中有着重要作用的植物体内代谢过程非常复杂，相对于诱导过程（几天至几十天）则又极其快速，并且众多因子都能影响春化过程的进行。因此，在汤佩松的指导下提出设想，各种影响诱导过程进行速率的代谢过程应是在不同时期及不同位点起作用。利用代谢抑制剂着手研究此问题，并在冬小

麦春化过程中取得了突破性进展。谭克辉提出了在春化过程中茎分生组织内代谢方式的多步骤性及顺序改变的观点。这个观点认为春化过程至少包含5个程序化的步骤，其顺序为：1. 以旺盛的氧化及氧化磷酸化为主要特征的时期：春化处理初期，生长点需要充分的呼吸底物（糖）和氧。春化进行到这一时期对KCN和NaN_3等呼吸抑制剂的作用敏感。如小麦在春化的前14天有一个很强的抑制高峰，随后降低直至春化结束。低温处理的关键期是7天左右，此时有一个对磷的吸收高峰，2，4-二硝基酚（2，4-DNP）则几乎完全阻碍了胚对^{32}P的吸收，并抑制春化过程的进行。2. 以脱氢酶活性逐渐占优势的代谢方式时期：春化处理进行到这一时期缺氧对发育速率影响不显著，CO、DNP及NaN_3抑制作用微弱，甚至消失。CO对呼吸作用的抑制不能被光所恢复。维生素C大量积累，此时Cu对春化进程有促进作用，这表明已由细胞色素氧化酶转换到抗坏血酸氧化酶及多酚氧化酶系统。3. 与核酸代谢密切相关的时期：对不同春化处理的冬小麦进行2-Tu处理，只有春化的14～28天才有显著的抑制作用，说明这一时期是一个与核酸代谢密切相关的时期，缺氧不影响春化进行的速率。4. 与蛋白质代谢密切相关的时期：用氯霉素和DNP处理不同春化时期种子，21～28天春化的冬小麦发育受到抑制；缺氧不影响发育速度。在这一时期春化诱导出一些特异蛋白质，它们的功能与成花有着密切关系。5. 低温诱导末期及诱导的稳定期：进入春化进程的末期，脱氢酶活性降低，呼吸作用下降，在春化作用下形成的对低温诱导专一的核酸和蛋白质合成系统逐渐转化为对高温专一的核酸和蛋白质合成系统。此时期还可以观察到特异蛋白质的存在。根据这些结果和观点，谭克辉等开始研究和基因表达相关的特异蛋白质的形成及基因克隆。

在总结春化过程中的代谢方式顺序改变的基础上，认识到呼吸代谢虽然是生命活动所必需，但很难阐明它们如何具体影响植物的发育过程，而植物发育过程的特性受植物物种（品种）的遗传性控制。首先，从基因翻译产物特异蛋白的合成入手，研究它们与开花诱导的关系，并分别在小麦（春化作用）和牵牛（光周期作用）做了尝试。

与光周期诱导不同，低温诱导植物开花不需要长距离的信息传导，因为植物接受春化处理器官和反应器官均是茎生长点，叶片仅起供给营养物质的作用。植物体在这一过程中，虽然在形态上没有明显的变化，但在生理上则在不断发生变化而使之获得开花的能力。对冬小麦生长点在春化过程中的代谢变化的研究曾观察到，在春化作用的中期对核酸及蛋白质抑制剂很敏感，蛋白质组分的PAGE分析及mRNA体外翻译的实验证实了在这一时期有新的mRNA及蛋白质的形成。因此推断与春化作用相关基因表达的控制位点在基因转录水平上。

基于春化作用过程中有重要基因转录的程序化改变的观点，通过差异筛选和差异显示策略克隆到春化相关基因。基因序列同源性分析结果表明它们是新的基因序列。新近还克隆到一个对春化处理有特异性的基因半全长cDNA序列。它与大麦茉莉酸诱导的蛋白基因有一定的同源性，推测这个基因可能通过影响信号传导来控制开花过程。

得到了春化相关基因克隆后，采用反义RNA策略对已得到的春化相关基因在开花启动过程中的确切功能进行了验证。推测春化相关基因*ver*203不仅在控制开花启动过程中可能起重要作用，而且可能对花器官发育过程有所影响。

光周期（叶片信息）　在50年代，以丁

颖、唐锡华等人为代表的针对当时全国不同地区之间水稻品种引种中出现的抽穗异常现象所做的大规模水稻光温反应研究，对我国水稻生产中的引种和育种工作具有极为重要的指导意义。80 年代谭克辉实验室利用紫花牵牛在不同光周期处理条件下叶片特异蛋白质的形成和消失的时间进程实验，结合不同光周期处理后去叶实验，结果表明这些特异蛋白质的形成和消失与植株开花与否密切相关。

20 世纪70 年代，石明松等发现一种在长日照条件下导致雄性不育的晚粳水稻突变株，而在短日照条件下则可育，并按孟德尔规律遗传，被称之为“光敏核”不育水稻。

进入90 年代以后，谭克辉、白书农等注意到对光敏水稻在经短日照光周期处理后再进行长日照处理时，不仅表现为雄性不育，而且其抽穗期也明显延迟。因此提出光敏不育的现象可能是雄蕊发育对不利于发育进程的长日照信号反应敏感所致的观点。与此同时，唐锡华等也提出光敏不育现象主要是因为雄蕊发育的“孱弱”。后来白书农等对水稻幼穗分化开始后光周期对形态建成和生活周期完成过程的影响做了系统的研究，发现除了光敏水稻的雄性育性和抽穗期之外，对节间伸长速率、叶片形态等多个性状明显地表现出其正常的发育过程受到短日照促进、长日照对其营养生长有利的光周期效应。由此而形成了一种观点：在不同生育期，同一日照信号在叶片内形成的生物信号是相同的，即在不利发育的光周期条件下，叶片所形成的信息阻止生殖发育过程或活化营养生长过程，反之则有利于生殖发育，不利于营养生长。植株的反应不同则是由反应器官所决定，而不是由叶片信息所决定。

叶片所起的作用只是将日长信号转变为可以在体内传递的生物信号。而这种生物信号本身对所观察到的开花、雄性不育等形态建成事件并没有特异性。所看到的不同的光周期现象，主要取决于正在生长或发育的器官如花芽、雄蕊、叶片、块茎等对由叶片传递来的信号的反应能力和反应方式。这种新的思路虽然目前还没有被人们所广泛接受，但在水稻上所观察到的光周期同时影响多个茎端器官形态建成的现象在大豆等很多其他植物上也已经被证实。

这种对光敏不育机理解释的不同，也对今后的研究提出了不同的方向。根据植株反应的不同是由叶片信息决定的观点，研究的重点将集中在寻找叶片中形成的导致雄性不育的物质；而根据植株反应的不同是由反应器官决定的观点，研究的重点将集中在寻找雄蕊发育对环境胁迫的反应机制。

生长素极性运输　生长素的极性运输与植物胚胎的两侧对称和极性分化密切相关。刘春明等利用芥菜幼胚培养，首次揭示了生长素极性运输在球形期合子胚由轴向对称的生长方式转向心形期的两侧对称的生长方式过程中的重要作用：生长素极性运输抑制剂的处理导致了筒状子叶的发生。烟草、景天树、二月兰等植物叶和花序轴等外植体的芽分化试验以及烟草、青菜种子的萌发试验中，培养基中加入生长素极性运输抑制剂可导致形成喇叭状叶或联体叶，说明生长素的极性运输在子叶、叶等两侧对称性生长的器官的式样形成（pattern formation）中具有普遍性意义。拟南芥*mp* 突变体（该基因可能编码生长素调控的转录因子）的研究表明生长素的极性运输与胚胎的极性发育具有相辅相成的作用。其他研究结果也表明生长素极性运输在胚胎和成熟植株生长发育过程中对于极性的形成及维持具有重要的作用。此外，光对植物生长发育的调控可以通过影响生长素的极性运输而实现。*tir*3－1 突变体不能形成

侧根的表型表明生长素的极性运输与侧根发育密切相关。实验表明，侧根的发育受从茎尖到根尖的生长素极性运输的调控。

生长素主要在植物的叶原基、幼叶以及发育的种子等部位合成。合成的生长素需要通过极性运输到达靶细胞后，才能调节植物的生长和发育，因此生长素极性运输广泛参与了生长素调控的生长发育现象，如植物的向性反应、伸长生长、维管的分化等，此外还参与了胚胎发育、花的发育、形态建成以及侧根的发育。

参考文献

谭克辉：春化过程中特异蛋白质的合成，《植物学集刊》，6：13～16，1992。

Liu, C. M., Xu, Z. H., Chua, N. H.: Auxin polar transport is essential for the establishment of bilateral symmetry during early plant embryogenesis. Plant Cell，5：621～630，1993。

白书农，谭克辉，唐锡华：水稻光温效应及湖北光周期敏感核不育水稻的研究，《植物生理学通讯》，28：64，1992。

Chong, K., Bao, S. L., Xu, T., Liang, T. B., Tan, K. H., Xu, J., Xu, Z. H.: Functional analysis of the *ver* gene using antisense transgenic wheat, *Physiol. Plant*, 102：87～92，1998。

（谭克辉　许智宏　白书农　种康）

光合作用（Photosynthesis）

绿色植物的光合作用是它们的绿色细胞利用太阳光能，将二氧化碳和水转化成有机物，同时释放氧气的过程。其总反应式为：

$$CO_2+H_2O \xrightarrow[\text{绿色细胞}]{\text{光}} (CH_2O)+O_2$$

光合细菌也能进行不放出氧气的光合作用，但它们的反应底物和产物与植物的不尽相同。植物光合作用是地球上的最基本的化学反应之一。植物通过光合作用每年固定 CO_2 合成的有机物达21 011 吨。每300年就可把大气中的CO_2更换一次。地球上几乎所有生物（包括人类）的生命活动都直接或间接地依赖植物光合作用形成的有机物，离开光合作用，无数生物就会得不到基本食物的供应，地球上也会因最终失去氧而停止许多生命活动。

叶绿体是植物进行光合作用的细胞器

从真核的低等植物绿藻到高等植物的绿色细胞中都含有叶绿体。在蓝藻等原核生物细胞中存在类囊体。一般推测真核植物中的叶绿体是类似蓝藻那样的原核光合生物与真核生物内共生演变而成。高等植物绿色细胞中有十多个，数十个乃至100个以上的叶绿体。其形状一般为扁平的椭球形，直径约为5～10 μm，厚度约2～3 μm，其周围包有被膜。被膜内充满流动状的基质（stroma），并有许多片层（lamella）结构。每个片层由一些呈扁囊状称为类囊体（thylakoid）的结构组成。一些小的类囊体垛叠在一起形成基粒（grana）片层，叫基粒类囊体。大的类囊体散在基质中。贯穿在两个或两个以上的基粒之间，形成的基质片层，叫基质类囊体。在类囊体膜上有两种将光能转换为化学能的光合作用反应系统，即光系统 I（PSI）和光系统 II（PSII）。它们是由色素和蛋白质等物质组成的超分子复合体。在类囊体膜上还有ATP合成酶复合体和细胞色素 bf 复合体等参与能量转换。叶绿体PSI、PSII 的光化学反应均由叶绿素a 产生。在绿藻和高等植物中大量存在吸收光能的辅助色素，如叶绿素a、b；在蓝藻和一些杂色藻中无叶绿素b，但有藻胆素等作为捕光色素。虽然这些藻的颜色不是绿色，但它们的光系统反应中心仍是由叶绿素a 组成。

光合作用的原初反应、电子传递和光合

磷酸化　光合作用的整个反应过程是十分复杂的，至少包含几十个步骤，大体上可分为原初反应、同化力形成和碳同化三大阶段。在原初反应阶段，绿色植物的捕光色素在吸收光子后产生电子跃迁而进入激发态。激发能通过激子传递或共振传递在色素分子间传递，传到反应中心后使处在中心的叶绿素a发生电荷分离，并将一个电子交给电子受体。绿色植物光合作用体系中有两种光化学反应，分别发生在PSI 和PSII 反应中心。PSI、PSII 串联运作，和其他一些电子传递体组成非循环光合电子传递链，在PSII 氧化侧把水裂解，产生H^+和氧分子。电子经PSI 后最终传给末端电子受体$NADP^+$，形成NADPH。在此电子定向传递过程中耦联H^+向类囊体腔内运动，腔内积累的H^+通过位于类囊体膜上的ATP 合成酶催化，把ADP 和Pi 合成ATP。此反应被称为非循环光合磷酸化。ATP 和NADPH 合称为“同化力”，用于CO_2固定。电子还有另一种转移方式，叫循环电子传递，主要发生在PSI，电子经过一系列传递体后又回到PSI。与循环电子传递耦联的光合磷酸化叫循环光合磷酸化，反应仅生成ATP，而无其他氧化还原产物积累。

光合作用碳同化及相关途径　光合作用的主要有机产物一般是碳水化合物，在其反应过程中还可利用同化力同化氮、硫等。光合作用的速率依赖于光强度、温度、环境二氧化碳浓度、水分和矿质营养。这些环境因子中的任何一个变化都能影响光合速率，加强任何一个环境因子，都会提高光合速率，直至达到阈值为止。在CO_2 同化过程中，二磷酸核酮糖与 CO_2 结合形成磷酸甘油酸（PGA），利用同化力可使它用于合成葡萄糖。这过程由13 个反应组成，有众多酶系参与。植物的这种碳循环途径是由Calvin 和他的同事在50 年代发现的，常称为Calvin 循环或光合碳循环。植物在有氧的空气中进行光合作用的同时伴随着光呼吸，约有25%～30% 的碳同化产物被分解成CO_2 和H_2O。这是由于O_2 与CO_2竞争，与二磷酸核酮糖反应生成磷酸乙醇酸而引起的，与一般的暗呼吸作用不同。玉米、甘蔗等起源于热带的植物进行光合作用时，CO_2先在叶肉细胞内与磷酸烯醇式丙酮酸反应，被固定于四碳二羧酸中，后者被转运到维管束鞘细胞中，再释放出CO_2，造成一个高于空气中CO_2浓度的微环境，供光合碳循环同化。具有这种增加碳浓度的运输过程称为四碳途径。此外，景天树、仙人掌、菠萝等肉质植物中存在景天酸代谢途径。其反应与四碳途径相似，夜间将CO_2固定在四碳二羧酸中，白天再释放出来，供光合碳同化，起一个CO_2库的作用，使这类植物在白天缺水及气孔关闭的情况下也能进行光合作用。有四碳途径的植物被称为C_4 植物。C_4 植物同化一分子的CO_2 要比C_3 植物多消耗2 分子的ATP 用于运输CO_2，但在强光下光合速率较高。

我国光合作用的研究　20 世纪20 年代末，殷宏章在李继侗的指导下，发现改变光对光合作用有“瞬间效应”，开创了我国光合作用研究的先河。50～60 年代，殷宏章和汤佩松分别在上海和北京成立专门的光合作用研究机构。1958 年，殷宏章领导一批研究人员，在总结农业丰产经验的基础上提出了群体光合作用概念，从而把光合作用研究与农业生产实践结合起来。1961 年，在国际生化大会上报告了光合磷酸化的量子需要量约为4 的结果，比国际同行早了好几年。1962 年沈允钢和沈巩懋首先发现了光合磷酸化的高能中间态。1963 年美国Jagendorf 等也独立发现了此现象，并证明这就是Metchell 化学渗透假说中的质子梯度。此发现受到人们的重视。在60 年代末到70 年代中期，我国光合

作用研究人员利用光合磷酸化反应在上海和北京工业化生产ATP，并在医疗中应用。在70年代中期，发现不同的植物叶绿体ATP合成酶的CF_1可与其缺失的类囊体残缺膜互换重组，并有增益效应。通过对金霉素、多元酸和多粘菌素等促进光合磷酸化和增加P/O值的研究，揭示了P/O值的可变性，推测在进行光合磷酸化时有能量从CF_1上无效地漏出。发现了一些不能简单地用化学渗透学说解释的现象，认为在类囊体膜上有区域化的质子存在，可直接用于ATP合成，而低温有利于膜上区域化质子的形成。60年代初，我国开始研究光合作用的原初反应，发现植物叶绿素荧光诱导动力学与有关生化过程有联系。在测定叶绿体荧光过程中，观测到仅牵涉到PSI的电子传递对荧光猝灭的作用较小。70年代起，汤佩松和匡廷云等系统地开展了叶绿体膜及叶绿素蛋白复合体的结构功能的研究，对类囊体膜上叶绿素蛋白复合体的种类进行了分析，揭示了类囊体膜上叶绿素蛋白复合体种类、组成的多样性和其结构功能受内外因素调控的规律。匡廷云等提出了植物光保护机制的一个控制模型，即单线态氧在诱导高电位的Cyt b_{559}（HP）与低电位的Cyt b_{559}（LP）间转换起关键作用。近年来与物理、化学界的学者们合作进行了飞秒级超快反应的研究。在光系统II捕光色素蛋白复合体研究中，已获得了不同高等植物叶绿体光系统II LHC-II的二维和三维晶体生长。在放氧机理研究中，制备了不同类型的具有放氧活性的PSII反应中心复合物，研究了一些二价阳离子在放氧中的作用。用不同浓度的三氯乙酸盐可以分别把光系统II的放氧外周蛋白（17 kD、23 kD和32 kD）从光系统II复合体上洗脱下来，证明不活跃的酪氨酸残基YD周围相对强的疏水微环境可能是影响YD氧化还原特性的主要原因。通过色素置换，研究了紫细菌反应中心的光化学反应特性。

1963年，我国学者发现甘薯叶细胞制剂含有由内源铁氧还蛋白（Fd）催化的只包括PSI的循环光合磷酸化活性。在80年代，发现DCMU在Fd－NADP还原酶上有一个新的作用部位，此后又证明Fd－NADP还原酶参与循环电子传递。在90年代用光声光谱技术测定了与PSI的电子受体有关的叶片双光增益效应。

我国学者对光抑制问题的有关研究表明：在没有其他环境因子胁迫同时存在的自然条件下，光抑制不是光合机构被破坏的结果，而主要是一些保护性的能量耗散过程加强运转的反映。植物在保护光合机构免于光破坏的主要能量耗散机制上存在着植物种间差异：小麦和大麦等以依赖叶黄素循环的能量耗散机制为主，而大豆和棉花等则以依赖PSII反应中心可逆失活的能量耗散机制为主；大豆反应中心的可逆失活与外周天线复合体的脱离有关。在对水稻的光氧化和光抑制的研究中，观测到不同亚种、品种和杂交稻之间有明显的差异。一般地说，粳稻较籼稻耐光抑制，耐光抑制的水稻的消除活性氧的关键酶——超氧化物歧化酶（SOD）活性高，并且持续时间长。

在光合碳代谢方面，我国学者用固相酶技术，首次在国际上解决了高等植物核酮糖-1，5-二磷酸羧化/加氧酶（rubisco）的大小亚基的解离和重组。施教耐等在C_4植物PEP羧化酶结构功能研究中，证明此酶存在多构象状态，并对酶的二级结构特性、亚基聚合态变化以及酶的多位点调节等方面做了深入的研究。

在藻类色素系统中的能量传递、光系统I及光合作用的分子生物学研究中，曾提出藻胆体色素蛋白质之间能量传递的途径是：

C-藻红蛋白→C-藻蓝蛋白→别藻蓝蛋白→别藻蓝蛋白-B，发现在类囊体膜上存在两种结合型的藻胆体。用集胞蓝藻为材料，证明PSI 循环电子传递与类囊体膜脂状态有密切关系。在对蓝藻的光合特性研究中，发现呼吸电子传递对状态的调节作用比循环电子传递的作用大，缺失 *rubA* 基因可导致PSI 的Fe—S中心丧失，但PSII 的Fe 的组装不受影响。

在光合作用生理与作物产量形成关系的研究中发现小麦种间光合作用差异与其不同的染色体组成有关，并培育出重穗型小麦高产新品种。高产杂交高粱的光合作用和光合关键酶的活性均高于亲本。具有阴生植物特性的野生稻的叶绿素 a/b 和光饱和光合速率低于阳生的栽培稻。大豆叶片栅栏组织的叶肉细胞的层数多的品种光合速率高，高产的大豆品种中有的C_4 途径关键酶活性也较高。发现C_4 植物的初生叶和衰老叶并不表现典型的C_4 特征。水胁迫会引起一些植物光合类型的改变。

我国的光合作用研究工作者在国家基础研究规划（“973”）项目资助和支持下，在深入研究光合作用机理的同时，也在研究光合器官衰老对作物光合速率及产量的影响、非叶器官对光合作用速率和产量的贡献、作物高产与光合机理的关系等，力求为我国科学技术现代化和不断提高农作物产量做出更大的贡献。

（徐春和　魏家绵）

植物形态学与植物解剖学

(Plant Morphology and Plant Anatomy)

植物形态学与解剖学属植物科学中最基础的学科。广义的植物形态学包括植物形态学、植物解剖学、植物胚胎学和植物细胞学。近年来，国内外普遍采用结构植物学(Structural Botany）这一学科名称，它涵盖了原来的植物形态学、植物解剖学以及一部分植物细胞学和植物胚胎学等学科范围。本章仅就窄义的植物形态学和植物解剖学在20世纪中国发展概况做一简略的回顾。

植物形态学是研究植物的发育、形态和结构，并根据其个体发育和系统发育的规律，解释植物形态与结构变化的科学。植物解剖学是阐明植物细胞、组织和器官的显微、超显微结构及其发育规律的科学。早期的植物解剖学原为植物形态学的一部分，后来经过不断的发展，植物解剖学又分化出植物比较解剖学、植物发育解剖学、植物生理解剖学、植物病理解剖学、植物生态解剖学以及木材解剖学等一系列分支学科。植物形态学和植物解剖学不仅与植物分类学、古植物学、植物生理学、植物细胞生物学、植物遗传学和植物生态学等学科关系密切，而且与工、农、林、医药、考古和法医等部门也有直接或间接的联系。

我国植物形态学的发展起步较晚，最早始于20 世纪的20 年代，张景钺在《中国科学社生物研究所丛刊》(*Contribution from the Biological Laboratory of Science Society of China*) 1926 年2 卷4 期上发表的“蕨(*Pteris aquilina*)茎组织之研究”，应是我国植物形态学研究中最早的一篇学术论文。此后，他在植物生理解剖学和植物生态解剖学方面也均有一些开创性的文章发表。张景钺的学生严楚江从20 年代末开始，在花果形态学方面相继发表了几篇论文和《花果形态学》一书。关于木材解剖学方面，我国最早是由唐耀在北平静生生物调查所创建了木材研究室，并在此完成了 7 篇有关木材解剖学方面的文章(1932～1935）和《中国木材学》(1936）专著。在20 世纪的30 至40 年代，北京大学、武汉大学、厦门大学和中央大学等部分高等院

校，相继开设了植物形态学或植物解剖学的课程，同时还开展了这方面的科研工作，从而培养了一批专门人才。部分科研单位对这两个学科也开展了一些科研工作，其中由王伏雄于1946年在前中央研究院植物研究所内，创建了我国第一个植物形态学的专门研究机构——植物形态学研究室。

1949年中华人民共和国成立，标志着我国科学事业跨入了一个崭新的阶段，植物形态学与植物解剖学也和其他学科一样，科技队伍不断壮大，并取得了大量的科研成果。1953年，中国科学院植物研究所内正式成立了植物形态学研究室。此后，江苏植物研究所、华南植物研究所和昆明植物研究所也相继建立了植物形态学研究室或研究组。在许多高等院校生物学系或有关院系的植物学教研室中，从事植物形态学和植物解剖学教学和科研的力量不断增强。例如，北京大学植物学研究室分设植物形态学和植物细胞胚胎学两个教研室，西北大学生物学系建立了植物解剖学研究室，武汉大学生物学系建立了植物细胞胚胎学研究室；90年代初北京林业大学林学系也成立了植物生殖生物学研究室等。另外，战斗在我国农、林、医药等战线上的大批科技人员，也在植物形态学和植物解剖学方面做出了不少科研成果。根据《中国植物学文献目录》统计，1950～1987年植物科学各分支学科发表的论文共计19 486篇，其中植物形态学和解剖学（不包括植物胚胎学、孢粉学和植物组织培养）为1 115篇，约占总数的5.7%。

为了推动植物形态学和植物解剖学在全国的发展，1979年，中国植物学会植物形态学专业委员会，曾在南京召开了第一届全国植物形态学学术会议，以后每隔2～3年召开一次全国性的学术讨论会。与此同时，植物形态学专业委员会还召开了一系列小型的国内或国际专业研讨会，其中包括：第一届全国木材解剖学学术研讨会（1990，天津），第二届全国木材解剖学学术研讨会（1992，北京），国际树木解剖与木材形成学术会议（1995，天津）等。随着学科的迅速发展和与国际接轨，中国植物学会于1984年增设了植物生殖生物学专业委员会；1993年，植物形态学专业委员会也正式更名为结构植物学专业委员会。

如果说在20世纪的50年代以前，植物形态学或解剖学的研究大多是在放大镜、解剖镜或光学显微镜下进行的话，那么，50年代以后，特别是近20年来，由于各学科的相互渗透，扫描电镜、透射电镜、激光扫描共聚焦显微镜以及免疫荧光等多种新技术的应用，从而大大促进了这两个学科的发展。近100年来，我国植物形态学或解剖学在基本资料的积累和基础理论研究方面，已取得了一大批具国内或国际先进水平的科研成果，有的还为国民经济中的一些迫切问题的解决提供了重要的科学依据。现概述为以下几方面：

（1）经济植物的形态解剖：先后对粮食作物、果树、蔬菜、纤维植物、橡胶植物、树脂植物、蜜源植物（蜜腺和腺毛）、水生植物（莼菜等）、药用植物、饮料植物（茶）、各种花卉和杂草（菟丝子和毒麦等）等进行了形态结构与发育解剖的研究，其中特别是对水稻、小麦、分枝小麦、糜子和高粱等禾谷类作物有性生殖器官的发生与分化规律的研究，从而为这些粮食作物的高产和合理的栽培管理措施，提供了重要的科学依据。在纤维植物方面，以现今制浆和造纸工业上采用的种类，如芦苇、青檀以及一些禾草类植物等，进行研究。橡胶与树脂植物中的橡胶草、巴西橡胶、猫屎瓜以及漆树和松树等，对其乳汁道或树脂道的细微结构、分化和发育做

过详细报道。从70年代后期开始，编撰出版了一系列经济植物形态学丛书，其中包括《棉花形态学》、《大白菜形态学》、《天麻形态学》、《麻类作物形态学》和《油桐形态学》等。80年代还出版了《棉花形态和解剖结构图谱》和《小麦形态和解剖结构图谱》等。

（2）木材与竹材解剖：我国木材解剖的研究工作开始较早，并有较为系统的成果，现已出版了《东北经济木材志》、《云南热带材及亚热带材》、《中国热带亚热带木材》、《中国主要木材构造》、《木材志》和《东南亚热带木材》等多部重要著作。另外，通过对古墓和古代造船遗址中古木的发掘与鉴定，对木兰科、卫矛科和裸子植物一些属种的木材解剖及其亲缘关系的探讨等，为木材解剖学的理论研究和木材的合理利用等提供了大量的科学资料。我国的竹材解剖研究始于60年代初，除了对我国浙江、广东等省的20多种竹材做了比较观察以外，还对毛竹茎的结构、机械组织排列和细胞壁木质化的发生及量的变化规律做过深入的研究。

（3）中国特有植物的形态解剖：通过对我国某些特有或珍稀濒危植物比较解剖的研究，以探讨其分类位置和系统发育的规律。以往这方面的研究多集中在裸子植物方面，如松属、白皮松、云杉属、银杉属、台湾杉属、买麻藤、三尖杉科和红豆杉科等营养器官的比较和发育解剖，以及裸子植物叶子转输组织的研究。综合植物各分支学科的研究资料，进一步探讨了松属、银杉属和三尖杉属的分类与系统发育等问题，并相继编撰出版了《松树——形态结构与发育》（1978）、《银杉生物学》（1990）和《三尖杉生物学》（1999）等著作，上述成果曾引起国际上的重视。在蕨类植物方面，有原始莲座蕨属的形态学研究及对开蕨属导管的发现等。被子植物研究方面主要有：中国金粟兰科、姜科、裸蒴属和马尾树等比较形态解剖与分类系统位置的探讨。另外，在叶片脉序的构建方面，出版了 *Leaf Architecture of the Woody Dicotyledons from Tropical and Subtropical China*（1991）；在种子形态方面有《杂草种子图说》（1980）；在幼苗形态方面有《农田杂草幼苗》（1975）和《主要树木种苗图谱》（1978）等。

（4）植物生态解剖与植物病理解剖：主要对我国西北的甘肃、内蒙古和青藏高原地区的某些旱生植物结构特性进行了生态解剖学的研究。在环境污染方面，开展了二氧化碳、二氧化硫、氟化氢及臭氧等有害气体对植物组织结构侵害的研究，从而为全球的气候变化、空气污染的监测以及植物受害机制的探讨提供科学依据。另外，在对为农业与林业生产提供直接参考的植物病理解剖方面，有对红三叶草受肿瘤病毒侵染后的解剖研究、番茄根经线虫刺激后产生的巨形细胞的观察、水稻叶片感染白叶枯病后的病理解剖、大麦黄花叶病病叶以及棉花黄萎病病叶的结构研究等。

（5）实验形态和实验解剖：离体的植物组织或器官，在人工调控下进行培养，一方面为探讨植物形态发生中的各种基本规律服务，另一方面也可直接或间接地为生产服务。60年代以来，在薄荷、草石蚕、大豆、马铃薯、苹果、柚木、柑橘、梨、兰花和麝香石竹等的茎尖培养，红杉、甜叶菊、猕猴桃、甘蔗、山楂、油橄榄、葡萄桉等茎段培养，烟草、大蒜、棉花、竹节秋海棠、罗汉果、甘蔗、非洲紫罗兰和香叶天竺葵的离体幼叶培养，羊草离体根茎和番红花离体球茎的培养，风信子外植体营养芽和花芽形态的发生，巴西橡胶树割胶与乳汁管分化的研究等方面取得了重要成果。此外，在马铃薯无病毒株的大量繁殖，杜仲、黄柏、构树等木本植物剥

皮和新皮再生的研究方面均取得了重要进展。有关植物组织培养的专著有《植物组织和细胞培养》、《蔬菜组织培养》、《经济植物的组织培养与快速繁殖》、《园艺植物组织培养》、《药用植物组织培养》和《木本植物组织培养》等。

（6）孢粉形态：50年代初，发表了我国第一篇有关花粉形态的术语及研究方法的文章。此后，在研究了1 200多种国产植物花粉形态的基础上，于1960年编撰出版了《中国植物花粉形态》一书，1997年此书经修订后再版发行。孢粉形态方面的专著还有：《中国蕨类植物孢子形态》和《中国热带亚热带被子植物花粉形态》等。在专科、专属花粉形态或超微结构的研究方面，有松科、杉科、红豆杉科、三尖杉科、藜科、楝科、无患子科、金缕梅科、小檗科、椴树科、睡莲科、藤黄科、胡椒目、麻黄属、黑三棱属、枫香属、芍药属和马先蒿属等。此外，对花粉过敏症、蜂蜜和地层中的花粉分析等方面也发表了大量的文章，上述成果均受到国内和国际上的瞩目。

由于我国的植物形态解剖学在20世纪初才兴起，起步较晚，基础也比较薄弱，与国际水平相比仍有一定的差距。为此，展望21世纪，我国植物形态和解剖学的发展战略可归纳为以下几方面：（1）随着科学技术的不断发展和学科间的相互渗透，特别是细胞生物学和分子生物学等新的理论与方法的引入，以及多种新技术的广泛应用，应深入地开展该学科某些重大基础理论的研究，其中包括植物结构、功能和机理的研究，发掘新的生长点。（2）应大力开展重要经济植物，特别是对重要的粮食作物、林果、名贵药材与花卉等形态结构与发育以及形态发生方面的研究，为我国经济发展做出应有的贡献。（3）对我国一些特有的珍稀濒危植物和特殊生境的野生植物，开展系统的比较解剖研究，为探讨植物的分类和系统发育提供结构上的重要佐证。

参考文献

李正理：植物形态解剖学近年进展，《生命科学展望丛书：植物科学》，北京：中国林业出版社，1994。

尤瑞麟，胡玉熹：中国植物形态学史，《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

国家自然科学基金委员会：《自然科学学科发展战略调研报告——植物科学》，北京：科学出版社，1993。

（胡玉熹）

植物胚胎学

(Plant Embryology)

植物胚胎学是研究高等植物有性生殖器官和生殖细胞的形成、受精作用和胚胎发育规律的植物学分支学科。它一方面从个体发育和系统发育的关系上，为阐明各类群间的亲缘关系与演化规律提供证据；另一方面，应用各种技术手段，探索植物发育过程中的形态发生规律及其控制机理。此外，植物胚胎学与遗传育种有密切关系。可见，植物胚胎学是一门具有深远理论意义和广阔应用前景的交叉性边缘学科。

植物胚胎学主要研究高等植物（包括蕨类植物、裸子植物和被子植物）的有性生殖过程，这个过程跨越了植物个体发育的三个世代，是植物生命周期中发育最复杂、最曲折的关键阶段。由于科学技术的不断创新，以及细胞学和分子生物学的迅速发展，使植物胚胎学从原来的经典形态学和结构植物学范畴，逐渐演变成与植物细胞学、植物生理学、生物化学及分子遗传学等多学科结合的综合性的植物生殖生物学或植物发育生物学。20世纪上半叶，中国的植物胚胎学研究，几乎

是一片空白。在20 年代至40 年代，只有张景钺、严楚江、李继侗和王伏雄教授等有过零星的探索性工作，算是中国植物胚胎学研究的萌芽。直到50～60 年代，中国的植物胚胎学研究人员和研究课题仍然屈指可数。这时有王伏雄开展的比较胚胎学和吴素萱指导的杂交胚胎学研究。70 年代，中国特有裸子植物和重要经济农林果蔬植物的胚胎学研究有了可喜的进展。1984 年，在王伏雄教授的倡议下，中国植物学会增设了植物生殖生物学专业委员会。紧接着，1985 年召开了第一届全国植物生殖生物学学术会议，可以认为这是中国植物胚胎学发展的新起点。此后，与国际植物有性生殖生物学协会同步，每两年召开一次“植物生殖生物学”学术讨论会，对本学科的迅速发展起了积极的推动和普及作用。

植物胚胎学和生殖生物学研究由于细胞化学、电子显微镜和荧光技术以及分子生物学的介入，并在“雄性生殖单位”新概念的催化中，本学科在国内外均呈现一片蓬勃发展的崭新局面。因此，80 至90 年代，也是中国植物胚胎学长足发展的20 年；全国专业技术研究人员，估计增加到200 人左右。总之，在20 世纪下半叶，特别是最近20 年，中国植物胚胎学的研究，初步登上与国际接轨的繁荣舞台。同时，学术气氛日趋活跃，据不完全统计，1973～1990 年在《植物学报》和《植物分类学报》上发表有关植物胚胎学论文236 篇；此外，还出版了一批植物胚胎学的著作和译作，其中《被子植物胚胎学》是我国第一本高等学校植物胚胎学教材，为全国高校广泛使用。

虽然中国植物胚胎学研究的启动较慢，但从70 年代以来却取得了众所周知的丰硕成果，这些成就也包含国际上的主流和热点课题。其主要成果可以概括如下：(1) 植物花药和单倍体细胞培养，获得烟草和玉米单倍体植株，并在国际上处于领先地位（中国科学院植物研究所、遗传学研究所）；(2) 裸子植物比较胚胎学（王伏雄等）和重要农作物杂交胚胎学研究（中国科学院植物研究所）；(3) 国际前沿领域的热点“雄性生殖单位”的结构与功能方面的研究，也取得重要进展，例如，小麦精细胞具明显“尾巴”结构，引起各国科学家的广泛关注（胡适宜，北京大学生物系）；(4) 胚囊、卵细胞和精细胞分离，以及各种类型细胞的体外融合，也是处于国际领先地位的重要研究成果，并对推动我国植物生殖生物学的实验性研究起了积极的推动作用（杨弘远、周嫦，武汉大学生物学系）；(5) 关于受精作用的研究，胡适宜和申家恒曾有一系列的研究和报道，是中国植物胚胎学家所公认和赞赏的重要课题，并对培养专业研究队伍起了良好的示范和带头作用；(6) 胚胎发育的生理生化基础和调控，以及遗传信息展现的时空序等方面，在水稻的胚胎发育中也取得许多可喜的应用成果（唐锡华，上海植物生理研究所）；(7) 水稻无融合生殖的研究，是我国许多单位和植物学工作者广泛协作的国家重点课题，这是一项与遗传育种有密切关系的典型范例；(8)在理论与实践结合的探索中，还培养了大批硕士、博士研究生，为青年科学工作者的成长和脱颖而出，创造了良好的外部环境。

在讨论本学科的发展现状之后，对今后10 年我国植物胚胎学和生殖生物学的发展领域和前沿课题以及近期战略和科学发展前景，应该坚持既要放眼国际先进水平，又要从本国的实际情况出发的基本原则，提出本学科发展战略的若干设想。第一，坚持“结构与功能关系”的研究方向。值得注意的是，在国际上“结构与功能关系”这一研究方向的发展趋势是将结构研究和细胞化学、免疫

学和分子生物学的研究手段结合起来，充分运用免疫荧光和激光共聚焦扫描显微镜(CLSM)等先进技术，深入探讨生殖系统中钙离子分布、细胞骨架的分布和变化等特定结构与特定功能的关系。第二，在生殖过程的研究方面，继续对植物生殖工程的技术和理论进行研究，并用既定的离体实验系统研究配子融合和识别机理、性细胞基因表达及遗传转化等问题。第三，植物生殖过程中的分子生物学研究的许多重大基础理论以及结构与功能的深入研究，也有赖于新技术的开拓与应用。例如，性器官发育过程中的基因调控、花粉管生长和分化的分子机理、自交不亲和性中“花粉－柱头”的识别信号、自交不亲和性S基因的结构与表达、雄性不育性和基因的控制、配子配合中细胞识别、胚胎发育过程中的基因表达和基因转化等问题，都是胚胎学家面临的热点项目。第四，重要农林果蔬植物的生殖生物学及其遗传育种的基础研究，是一个研究领域广阔、与国民经济发展关系密切的重要课题。值得注意的是，在研究手段上，要重视微观与宏观结合的正确方法论。第五，开拓新思路、拓展新领域，步入“创新植物学”的新里程。加强基础学科与近邻学科的协作、交叉及综合性、创造性研究。进一步深化对“生殖生理学”、“生殖生态学”、“实验生殖生物学”、“保护生物学”和“发育生物学”的认识，为迎接21世纪的激烈挑战，开创植物胚胎学的广阔前景奠定扎实的基础。

参考文献

胡适宜：《被子植物胚胎学》，北京：高等教育出版社，1982。

庄孝僡：《发育生物学》，北京：中国大百科全书出版社，1988。

Yang，H. Y.，Zhou，C.：Experimental Reproductive Biology and Reproductive Cell Manipulation in Higher Plants：Now and the Future. *Amer. J. Bot.* 1992。

（陈祖铿）

植物生殖器官的体外直接分化 (*In vitro* Direct Differentiation of Reproductive Organs in Plant)

植物生殖生长所形成的器官统称生殖器官，它包括花序、小穗、花芽、花被、雄蕊、雌蕊、胚珠和果实等。通过组织培养诱导外植体或愈伤组织直接形成这些器官中的某种器官，从而达到在体外直接形成这些器官的目的，称为植物生殖器官的体外直接分化。植物生殖器官的体外直接分化的关键是外植体的发育年龄及外源激素对细胞发育的控制，因此该领域的研究内容涉及细胞生物学和发育生物学。每一种生殖器官体外分化的成功，都可以将它们作为离体的实验系统，用来研究生殖器官发生和发育所必需的条件及其分子机理，这是在自然情况下无法实现的。与诱导外植体直接形成营养器官相比，诱导外植体直接形成生殖器官比较困难。首次成功的报道见于1973年，Tran Thanh Van在烟草的组织培养中首次成功地诱导了外植体直接形成花芽。然而在此后的15年时间里未见到其他生殖器官成功的报道，这表明研究工作者尚未掌握诱导生殖器官直接分化的规律。自20世纪80年代以来，陆文梁等在该领域的研究取得了长足的进展，成功地诱导了植物全部生殖器官体外直接分化，其中小穗、花被、雄蕊、雌蕊和胚珠的体外直接分化在世界上都是首次成功，表明了已经初步掌握了诱导生殖器官体外直接分化的规律。

一、植物生殖器官体外直接分化的诱导

诱导植物生殖器官的分化有它自己的规律：1. 诱导生殖器官直接分化所用外植体必

须是分离自生殖器官。2. 分离外植体的生殖器官的年龄在个体发育中的形成的时间必须要接近或晚于想要诱导分化的器官。除了分离外植体的器官的发育年龄外，外植体本身的发育年龄也是非常重要的。如风信子不同发育年龄的花被对诱导不同的生殖器官有很重要的作用。3. 在外源激素的应用上，除禾谷类植物外一般都是细胞分裂素的浓度要高于生长素，确切的浓度一般随植物种和被诱导器官的不同而变化，要经过实验才能确定。这就是诱导生殖器官直接分化的基本规律。由于植物生殖器官是比较复杂的器官，因此诱导器官分化所需要的条件与培养该器官发育成熟所需的条件往往不同。这些条件包括外源激素、温度和光照等。

二、植物生殖器官体外直接分化作为实验系统在发育研究中的应用

1. 揭示不同花器官分化对外源激素要求的差异　在自然情况下很难设计一个实验来研究在各个花器官从花芽生长点上分化时的植物激素的作用。然而离体条件下诱导外植体直接分化花芽可以作为一种实验系统，通过改变培养基中的外源激素就可以了解它对各个花器官分化的影响。风信子的实验表明，在花芽分化启动后将外源激素维持在6-BA 2 mg/L 和2，4-D 0.1 mg/L 时，可以使自然情况下只分化6 片花被片的风信子花芽连续不断地分化花被片(已观察到超过150片）而不分化雄蕊。然而只要将外源激素浓度降低，花芽的生长点就会停止花被片的分化，代之以雄蕊的分化。外源激素的这种作用不受花被片分化数目的影响，在诱导花被片超过100 片以后，降低激素浓度仍然可以诱导雄蕊的分化。雄蕊的分化数量同样也是可以通过外源激素的浓度来控制的。雌蕊的分化必须进一步降低激素浓度。这些实验的结果表明：再生花芽中不同的花器官的分化需要不同浓度的外源激素；当外源激素的浓度固定在分化某一花器官的水平上时，再生花芽能不断地分化这种花器官；再生花芽中各个花器官分化的程序不会受到每轮中被外源激素诱导的花器官的数目的影响。

2. 揭示雌、雄性器官发育对温度要求的差异　在自然情况下很难通过实验的方法了解花芽中雌、雄性器官分化后的进一步发育对温度的要求是否有区别，然而利用体外直接分化生殖器官的实验系统就能很容易地研究这个问题，只要将刚刚分化的雌、雄性器官培养在梯度温度中，观察它们的发育就可以了。实验表明，对于春天开花的植物来说，较高的温度适合于雌性器官的发育，低温则对其发育有害；较低的温度适合雄性器官的发育，高温则有害。具体到太行花，1 ℃～6 ℃适合于雄蕊的发育，高于18 ℃雄蕊在发育的早期就停止生长。6 ℃～26 ℃适合于雌蕊的发育，低于3 ℃大部分雌蕊在分化后不久就停止发育。6 ℃～12 ℃对雌、雄性器官的发育都合适。这就是说雌、雄性器官发育对温度的要求存在较大的差异。将离体培养实验中获得的雌、雄性器官发育对温度的不同要求的特性应用于太行花正常植株，可以通过对生长温度的控制而使太行花开不同性别的花朵。将植株培养在5 ℃中开单性雄花，在12 ℃中开两性花，在24 ℃中开单性雌花。解剖学观察表明，单性雄花中的雌蕊已有雏形但在低温中不能进一步发育；单性雌花中的雄蕊也已有雏形但在高温中不能进一步发育。实验清楚地证明，对花朵性别的控制可以通过对生长温度的控制来实现，这将为雄性不育系的研究开辟一条新的途径。

3. 对花芽中各种花器官能自动按程序分化的原因提出看法　在过去10 多年中，研究外源激素控制外植体直接再生各种花器官已经累积了大量资料，在此基础上对植物激

素在花芽发育中控制各种花器官自动按程序分化中的作用提出了新的看法。实验表明，花芽中各轮花器官的分化需要不同浓度的植物激素，当离体培养中诱导某种花器官分化的激素浓度保持不变时，花的分生组织只是重复分化这种花器官，不断增加它的数量，不会进入下一轮花器官的分化。由此可见，自然情况下花芽的发育，必然是一轮花器官分化后激素浓度自动进行调整以适合下一轮花器官的分化。这样，在一轮花器官分化后激素浓度的这种自动调整是花芽中各轮花器官自动按程序分化中的一个重要环节。在这种情况下，一定浓度的植物激素可以是一个转换开关，在相邻的两轮花器官的分化之间起到抑制上一轮花器官分化的基因表达，同时又激活下一轮花器官分化的基因表达的作用。

三、展望

植物生殖器官体外直接分化规律的揭示不管是在理论研究上还是在应用研究上都有十分广阔的前景。在理论研究上，由于植物的所有器官现在都可以在体外直接分化，因此有可能从机理上揭示给定器官体外分化的规律。这将使工厂化生产特定的植物器官成为可能，对人体器官体外直接分化研究也有一定的借鉴作用。在应用研究上，它可以大大缩短转基因研究的周期，而且从果实上分离组织诱导果实的发生将使试管生产果实可以循环进行，这无疑是宇航事业及长期水下生存所必不可少的。

参考文献

Tran Thanh Van M.: Direct flower neoformation from superficial tissue of small explants of *Nicotiana tabacum* L., *Planta*, 115: 87～92, 1973。

陆文梁，白书农，张宪省：诱导风信子再生花芽不断分化花被片的研究，《植物学报》41：921～926，1999。

陆文梁，太行花性器官发育的研究——两性花中雌雄性器官对温度的不同要求，《植物学报》38：174～179，1996。

（陆文梁）

植物分类学与植物系统学

(Plant Taxonomy and Plant Systematics)

植物分类学或植物系统学是一门研究植物性状变异，对其进行分类和命名，研究分类群的亲缘关系，探讨分类群的演化，建立自然分类系统的科学。植物分类学与植物系统学，正如英国著名植物分类学家海吾德(V. H. Heywood)所说的，这两个词常互换使用，因为林奈（C. von Linne）也使用“botano-systematici”一词。有的学者主张用植物分类学，有的则用植物系统学一词，但近年来多称为系统与进化植物学。

植物分类学是一门古老的学科，在植物各分支学科的发展史中曾起过先导作用，它是其他植物学科发展的基础，同时又依靠其他学科的进步而发展；它是人类社会认识、保护和利用植物资源的基础，同时又依靠社会的进步而发展。

本草时期　中国是世界上惟一跨越热带—温带—寒带的国家，有“地球第三极”——青藏高原和漫长的海岸线，其植物区系具有重大的科学意义，蕴涵着丰富的物种多样性和巨大的资源开发潜力。中国有悠久的文明史，《诗经》(约公元前600年)就曾记载过约132种植物。《神农本草经》为早期本草学杰出的代表作。李时珍的《本草纲目》(1596)系统记载了1 195种植物，他在“蛇床”条下，明确指出：“其花如碎米攒出，起子两片合成（两心皮合生的双悬果），似莳萝子而细，亦肖细棱，凡花实似蛇床者，当归、芎䓖、水

芹、藁本、胡萝卜是也”，上述性状正是伞形科的重要特征。在欧洲，“科”的概念直到1873年才被亚当逊（M. Adanson）提出。可以说中国的本草学（herbalism）研究，在17世纪以前一直处于国际领先水平。

植物分类学作为一门独立的学科始于17世纪，从那时起，西方的植物学家开始采集大量标本并仔细地观察和描述植物，出现编写植物志的热潮，如包兴（G. Bauhin）的《植物界纵览》（*Pinax Theatri Botanici*）（1623）首创双名法的概念。雷（J. Ray）的《植物新方法》（*Methodus Plantarum Nova*），在1703年第二版中包含了18 000种植物，采用生活型、子叶、果、叶、花等性状分类。林奈《植物种志》（*Species Plantarum*）（1753）的出版标志着近代植物分类学达到成熟阶段。当时中国仍处在封闭的封建社会，在欧洲兴起的植物分类学迟迟没能传入中国。后来尽管出现了在编写内容和体例上与近代植物图鉴很接近的高水平著作，如记载1 714种植物的《植物名实图考》（1848），但是，这些著作由于没有采用拉丁学名，所描述的植物名称都不能构成合格发表，以致许多中国人早已认识的植物，直到18世纪才开始被外国人“发现”和命名。对我国植物进行近代植物分类学研究的首先是欧洲人，后来还有美国人、日本人等。这种状况一直延续到20世纪初。从16世纪末至20世纪40年代，先后有约16个国家，共200多人来过中国调查植物资源，他们中有植物学家、旅行者、外交官、海关职员、军官、传教士、教师、园艺家、商人、医生等，调查范围涉及全国各省区，采集标本一百多万号。外国植物学者和业余爱好者在研究中国植物方面做了许多有益的工作，有的为此献出毕生精力。另一方面，外国人采集的标本，绝大多数流散在国外众多的标本馆中，使中国植物学家检查中国植物模式标本遇到许多困难。

创业时期　1842年，不平等的南京条约签订后，清政府的闭关锁国政策遭到破产。与此同时，西方文化开始传入中国，国内曾兴起一阵翻译西方近代科学论著之风。清末开始向日、美派遣留学生。1902年至1910年，在武昌、北京、南京等地办的高等学堂开始讲授植物学课程，但教学所用的腊叶标本还多是从日本购进的。1905年，黄以仁在江苏采集270种植物标本，送松田定久（S. Matsuda）鉴定，标本没有在国内保存。钟观光从1911年开始在北京地区采集植物标本，历时十余年，足迹遍及13个省区，累计采获157 500号标本，代表了1万余种植物。他还创建了北京大学与浙江大学两个植物标本室。钱崇澍、胡先骕、陈焕镛等不仅是中国近代植物分类学的先驱者，还是早期的采集家，他们于10～20年代分别在江苏、浙江、湖北、江西、广东等地考察采集，为建立我国最早一批植物标本室做了大量开创性的工作。到1949年为止，共有约70位中国分类学工作者参加采集工作，其中采集标本1万号以上的有秦仁昌、蒋英、刘慎谔、蔡希陶、方文培、汪发缵、唐进、李建藩、黄志、曾怀德、王启无、俞德浚、王作宾、辛树帜、陈少卿、钟补勤等，据不完全统计，在20世纪上半个世纪中全国采集高等植物标本约80万号，代表了约2万余种植物。那一时期，科研经费匮乏，装备简陋，交通困难，治安混乱，人身安全得不到保障。邓世纬、陈谋、邓祥坤、陈长年等几位颇有希望的年轻植物学家，就在贵州、云南野外调查采集中，受恶性疟疾等疾病的侵袭而献出了生命。这一时期，外国人仍然是重要的采集者，主要采集人有威尔逊（E. H. Wilson）、迈勒（E. E. Marire）、福雷斯特（G. Forrest）、埃斯奎洛（H. J. Esquirol）、卡瓦勒（J. P.

Cavalerie)、麦尔（F. N. Meyer)、利赛特（E. Licent)、韩德·马吉（H. Handel-Mazzett)、金登·沃德(F. Kingdon-Ward)、洛克(J. F. Rock)、史密斯(H. Smith)、路德洛（F. Ludlow)、谢里夫（G. Sherriff)、矢部吉桢（Y. Yabe)、北川政夫（M. Kitagawa）等。香港和台湾的植物分别由英国和日本学者做了较深入的采集和研究。

20世纪初，中国派往国外的留学生陆续回国，在大专院校任教，并积极筹建研究机构，培养人才，成为我国近代植物分类学研究事业的创始人。钱崇澍于1915年从美国留学回国后，在南京的江苏第一甲种农业学校任教，同年在该校创建我国第一个近代植物标本室，即以后的南京大学植物标本室。以后，他曾在金陵大学、南京高等师范学校(东南大学前身)、北京农业大学、清华大学、厦门大学、四川大学和复旦大学任教。

胡先骕于1915年自美国留学回国，先在南京高等师范学术农业专修科任教。1922年，他与秉志（动物学家)、钱崇澍等在南京创办了中国科学社生物研究所，并担任植物学部主任。1925年该社创办了《中国科学社生物研究所丛刊》，至1942年发行到第12卷第3期停刊。该社在南京的社址与设备，在日军入侵期间被炸毁。1928年，秉志与胡先骕在北平创办静生生物调查所，首任所长由当时中国科学社生物研究所所长秉志兼任，1932年由胡先骕继任所长。静生生物调查所以“中华教育文化基金董事会”总干事、主要捐资者范源濂（字静生）先生命名。1929年该所创办《静生生物调查所汇报》，1941年发行到第10卷，1943年及1948年新集3期。抗战期间，该所与云南省教育厅合办云南农林植物所（今中国科学院昆明植物研究所)。

陈焕镛于1919年从美国留学回国，先在金陵大学，后在东南大学任教。1927年他在广州的中山大学创建农林植物研究所，并任所长。该所研究重点是华南地区的种子植物。该所于1930年创办《国立中山大学农林植物研究所专刊》(*Sunyatsenia*)，1940年出至第4卷停刊。1935年，陈焕镛在钟济新与陈立卿协助下，在广西梧州创建广西大学植物研究所，后迁往桂林，改名为广西植物研究所。

刘慎谔于1929年自法国留学回国，在留法同学林镕、齐雅堂、刘厚等人的协助下，在北平创办了北平研究院植物研究所，并出任所长。该所研究重点是种子植物、地衣、真菌、苔藓的分类和植物地理学，地区范围侧重北方及西南地区。1936年，该所一部分迁往陕西武功，与西北农业专科学校（后来改名为西北农学院）联合建立西北植物调查研究所。1938年，一部分迁昆明设办事处。1947年该所迁回北平，留在昆明的部分，为该所云南工作站。1931年该所创办英文刊物《国立北平研究院植物研究所丛刊》，1937年后暂停刊，1949年又出版发行最后一期。1936年创办《中国西北植物研究所丛刊》。

中央研究院自然历史博物馆植物部1929年创建于上海，秦仁昌与蒋英先后任主任。1934年博物馆改为动植物研究所，裴鉴任植物部主任。1937年抗日战争爆发后，动植物研究所迁往广西阳朔，1940年又转迁重庆北碚。1944年动植物研究所分为动物研究所与植物研究所，后一单位由植物生理学家罗宗洛主持，研究重点为种子植物、蕨类、苔藓植物和淡水藻类，地区范围侧重广西、云南、贵州等省。1929年创办《国立中央研究院自然历史博物馆丛刊》(*Sinensia*)，后改名为《国立中央研究院动植物研究所专刊》(英文名称照旧)，至1941年第12卷后停刊。

中国西部科学院植物部于1932年成立于重庆北碚，俞德浚、曲仲湘先后任主任，该部主要研究四川植物。

中国植物学会于1933年8月20日在重庆北碚中国西部科学院正式成立。它是由植物学界老前辈19人发起，其中植物分类学界有：胡先骕、钱崇澍、陈焕镛、辛树帜、裴鉴、秦仁昌、钟心煊、刘慎谔、吴韫珍、陈嵘、董爽秋、张珽、林镕等13人。1934年创办《中国植物学杂志》，1935年创办英文版《中国植物学汇报》。中国植物学会的成立和上述植物分类学研究机构的建立，表明我国已建立了植物分类学研究的体系，从而保证了自主地开展该学科的研究，推动了这门学科在中国的发展。

从20世纪初开始，我国许多大学生物学系陆续开设了植物分类学课程，除上述研究机构的多数研究员在学校兼职授课外，还有一批优秀植物学教授从事植物分类学教学，并进行了许多有价值的研究工作，如金陵大学（后与中央大学合并为南京大学）的陈嵘、清华大学的吴韫珍、中央大学的耿以礼、四川大学的方文培、协和医学院的刘汝强、东吴大学（今南京师范大学）的李惠林、西南联大的吴征镒、华西大学的胡秀英、同济大学的郑勉、厦门大学的赵修谦等等。

到1949年为止，我国的植物分类学家共发表了400余篇（部）论著。在10～20年代，内容以标本鉴定名录为主，如《江苏植物志略》、《中国树木志略》、《广东植物名录》、《江苏植物名录》、《湖南植物名录》、《浙江植物名录》、《江西植物名录》等等。20～40年代开始出版图谱和地方植物志，如《中国经济树木》、《中国植物图谱》、《中国北部植物图志》、《中国树木分类学》、《中国森林植物志》、《中国蕨类植物图谱》、《峨眉植物图志》、《直隶植物志》、《河北习见树木图说》、《兰州植物志》、《中国植物图鉴》、《中国森林树木图志》等。虽然许多植物的主要类群都有人研究，但专科专属的研究论文较少，在当时标本、文献资料与科学积累均有限的历史条件下，分类群的修订很难取得与我国植物资源相适应的研究成果。这个时期的藻类、苔藓和种子植物方面主要致力于采集鉴定和部分科属的研究，有不少重要的发现，如发现了“活化石”水杉属 *Metasequoia glyptostroboides*，以及其他中国特有属白豆杉属 *Pseudotaxus*、金铁锁属 *Psammosilene*、细子龙属 *Amesiodendron*、山铜材属 *Chunia*、卷花丹属 *Scorpiothyrsus*、华参属 *Sinopanax*、车前紫草属 *Sinojohnstonia*、黔苣苔属 *Tengia*、独花兰属 *Changnienia* 等33个新属、数百个新种和2个蕨类新科，以及川苔草科等在中国的分布新记录等。蕨类植物研究率先进入分类系统领域。秦仁昌自1927年起重点研究蕨类，曾去欧洲主要标本馆研究蕨类植物，于1940年发表“水龙骨科的自然分类”一文，将一个混杂的科分为33科，249属，归纳为4条进化线，引起世界植物分类学界的关注。1947年，国际蕨类植物学权威科普兰（E. B. Copeland），在他的《蕨类植物志》（*Genera Filicum*）一书序言中写道，“在极端困难条件下，秦仁昌不知疲倦地为中国科学的进步赢得了一个新的地位”。

我国苔藓植物的研究起步较晚，自20年代起采集苔藓标本。30～40年代，赵修谦、陈伯川、杨承元、王启无分别发表苔藓的研究论文。陈邦杰自30年代初开始调查采集苔藓植物标本。1936～1940年在德国深造，回国后专门从事中国苔藓研究，收集标本资料，发表研究论文，培养人才，为我国苔藓植物研究奠定基础。

在20年代末30年代初，王志稼、饶钦止、李良庆、汪振儒等开始进行中国淡水藻的研究工作。海藻的研究是30年代初曾呈奎、金德祥在厦门大学开始的，工作持续多年，成效显著。

虽然到1949年为止，我国植物分类学的高中级研究人员不过50多人，然而，他们开拓性的工作为后来的学科发展奠定了良好的基础。

发展时期 1950年，中国科学院将北京的静生生物调查所植物部与国立北平研究院植物研究所合并成立中国科学院植物分类研究所，下设南京、庐山、昆明、武功等4个工作站。1953年，植物分类研究所改名为植物研究所。不久，陕西武功站改名为西北生物土壤研究所。1958年，南京工作站与昆明工作站分别成立植物研究所，庐山工作站恢复庐山植物园的名称。原中山大学的农林植物研究所于1954年改由中国科学院领导，在广州设华南植物研究所。1954年在哈尔滨设森林土壤研究所，后该所迁往沈阳，改名为沈阳林业土壤研究所。1956年在武昌建中国科学院武汉植物园，后改为植物研究所。同年在乌鲁木齐建中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所。1958年建中国科学院成都生物研究所。1961年在青海西宁建西北高原生物研究所。1959年在云南西双版纳建立中国科学院云南热带植物所（1986年改名为云南热带植物园）。1977年在厦门建福建省亚热带植物研究所。1987年我国建立了第一个分类学开放研究实验室——中国科学院植物研究所系统与进化植物开放研究实验室。在教育系统，全国综合性大学、师范学院生物学系，以及农、林院校大多开设了植物分类学课程。上述的植物研究机构与高等院校培养出了大批从事植物分类研究与教学人才，这对我国植物分类学事业的持续发展，起着积极推动作用。到1987年，全国植物分类研究人员增加到约400人，比1949年以前增加近8倍，还建立了具有一定规模的标本采集与管理和绘图专业队伍。

1949年以后的半个世纪，我国开展了深入的植物调查和采集，改变了以往以个人路线采集为主的状况，以考察队的区域调查为主，特别是在过去采集薄弱的地区，如新疆、青海、西藏、内蒙古，以及一些内地山区进行考察，获得了大量珍贵的标本；发现瓣鳞花科Frankeniaceae、四数木科Datiscaceae、隐翼科 Crypteroniaceae、帚灯草科Restionaceae、木犀草科Resedaceae、白玉簪科 Corsiaceae 等中国植物科的分布新记录；发表新科（主要是蕨类）达10多个；发现银杉属*Cathaya*及其他大量的中国特有属、特有种及属种的中国分布新记录。全国已有植物标本室128个（其中1949年以前建立的有27个，收藏植物标本约80万号），共收藏植物标本1 200多万号，其中，中国科学院植物研究所收藏的高等植物标本约200万号。这一时期，有关学术期刊大量增加，其中，50年代以前创办的《西北大学学报》（1913～1939，《西北大学学丛》；1939～1943，《西北大学学报》；1943～1957，《西北学术》）、《武汉大学学报》（1930～　）、《厦门大学学报》（1931～　）、《云南大学学报》（1938～　）、*Botanical Bulletin of Academia Sinica*（《中央研究院植物学汇刊》，1947～　）、*Journal of Taiwan Museum*（台湾省立博物馆半年刊，1948～1982年为季刊*Quarterly Journal of the Taiwan Museum*）等刊物延续至今。50年代起，大量刊物出现，其中以植物分类学内容为主的刊物有*Taiwania*（《台湾植物分类地理丛刊》，1950～　）、《植物分类学报》（1951～　）、《植物研究》（1959～1961，《东北林学院植物标本室汇刊》；1979～1980，《东北林学院植物研究室汇刊》；1981～　，现名）和*Cathaya*（1989～　）。有关综合性刊物有《植物学报》（1952～　，1959年起增加植物分类学与植物地理学内容）、《生物学通

报》(1952～　　)、《水生生物学报》(1955～　　)、《水生生物学集刊》(1955～　　)、《林业科学》(1955～　　)、《园艺学报》(1963～　　)、《中国科学院林业土壤研究所集刊》(1964～　　)、《林学杂志》(1968～　　)、《海洋学报》(1979～　　)、《云南植物研究》(1975～　　)、《植物学集刊》(1981～1995)、《广西植物》(1981～　　)、《西北植物学报》(1981～　　)、《武夷科学》(1981～　　)、《高原生物学刊》(1982～　　)、《竹子研究汇刊》(1982～　　)、《植物学通报》(1983～　　)、《中国科学院华南植物研究所集刊》(1983～　　)、《武汉植物研究》(1983～　　)、*Yushania* (1984～　　,《玉山生物学报》)、《植物资源与环境》(1992～　　)、《华南植物学报》(1992～　　)、*Chenia* (1993～　　,《隐花植物生物学》)等等。许多综合性大学(自然科学版)和农林大专院校学报刊登植物分类学内容。

植物研究所和大专院校图书馆收藏的期刊和图书资料在种类及数量上都有大幅度增加。以中国科学院植物研究所为例,该所图书馆目前收藏书刊30多万册,为其前身静生生物调查所和北平研究院植物所两个单位书刊数总和(约3万册)的10倍以上。

70年代后,我国学者开始发表属、族,甚至科的世界性专著和修订文章,研究方法也从传统的“形态与地理”,发展到多学科的综合性研究。

50年代以来,中国植物分类学家发表了几个新的植物系统。1950年,胡先骕在《中国科学》发表“被子植物的一个多元的新分类系统”大纲;1951年又在《种子植物分类学讲义》中做了更详细的阐述。陈邦杰在他主编的《中国藓类植物属志》上册(1963)和下册(1978)中提出藓类植物新系统。秦仁昌于1978年在《植物分类学报》发表的“中国蕨类植物科属的系统排列和历史来源”一文中提出新的蕨类植物系统。郑万钧于1978年在《中国植物志》第7卷中,将国产和引种栽培的裸子植物各科属按照新的系统排列。张宏达于1986年在《中山大学学报》(自然科学版)发表“种子植物系统分类提纲”,提出种子植物10个亚纲的新系统。1998年,吴征镒、汤彦承、路安民和陈之端在《植物分类学报》发表“试论木兰植物门的一级分类——一个被子植物八纲系统的新方案”。

50～60年代,为适应开发植物资源的需要,国内出版了许多地区性植物名录、检索表、图说、地方植物志及各类经济植物志。70年代至80年代初,我国出版了《中国高等植物图鉴》(1～5册,1972～1976),补编2册(1982～1983)及《中国高等植物科属检索表》(1979),这套书收载9 082种中国常见、有经济价值或有科学意义的植物,被国内外广为应用,印刷5次,累计约30万册,创造了国内学术著作出版的奇迹。《中国高等植物》吸收了原图鉴的优点,根据 *Flora of China* 最新观点处理分类群,又增加了地理分布图,并选入部分彩色图片,成为一本高水平的新图鉴,全书分13卷,收载中国高等植物约16 000种,1999年开始出版第一本(第9卷),计划于2004年全部出版。

《中国植物志》是我国维管植物的总信息库和基础性科学资料。早在1934年,胡先骕首次提议编写《中国植物志》,这种愿望在当时的条件下根本无法实现。1959年,“中国植物志编辑委员会”成立,挂靠在中国科学院植物研究所。当年10月,《中国植物志》第2卷(蕨类)率先出版,接着又陆续出版第11卷(莎草科,1961)和68卷(玄参科,1963)。“文化大革命”期间,编研工作陷于停顿,直到1973年才得以恢复。至1999年11月,《中国植物志》已出版113卷(册),约占

总数125卷（册）的90%。《中国植物志》共记载3 000余属，28 000余种植物，参加单位超过80个，作者逾360人，与世界各国已出版的植物志相比，无论是篇幅还是作者人数，都名列前茅。中美合作的中国植物志英文版 *Flora of China* 也于1998年开始启动，至1999年已出版5本（4、15、16、17和18卷）及3本图谱，全书共25卷，每卷另有一本图谱，计划于2008年完成，该书不仅是翻译，还包括许多分类群的修订，有重要的学术价值。目前各省区基本上都已出版地区性植物志。《中国植物志》等大型志书的出版，标志着中国植物分类学研究已进入成熟阶段，但工作远未结束，与国际先进水平相比，还有一定的差距。《中国植物志》第一版结束之前，瑞典已完成植物志第七版修订，而且新版是在25 km^2 样块调查的基础上做出的。而中国一些地区，如西藏、新疆、内蒙以及内地一些交通不便的山区调查还比较薄弱，样块调查更谈不上。目前，中国植物分类研究中存疑种和复合体的问题还比较突出，有些“种”已被证明是生态宗或地理宗，就整体而言，还处在描述性阶段，还有大量的调查研究有待实施。

20世纪科学的迅猛发展和新技术的应用，使人们可以从不同角度去探索植物界的各种生命现象并揭示其规律，从而促进了植物分类学的发展。20年代以来，随着遗传学、生态学、生物统计学和细胞学的引入产生了实验分类学。40年代，在此基础上发展出物种生物学（或称生物系统学），它不仅应用上述实验方法，而且从更广的居群范围，研究其演化过程，探讨物种或种的复合体的形成、变异与演化，特别有助于解决植物分类中多型复合种的难题。1921年，贝林（Belling）创造了染色体压片技术后，植物染色体计数工作得以开展，衍生出细胞分类学。我国于60年代开始细胞分类学工作，但直到1976年才开始发表文章，80年代开始普及。扫描电镜（SEM）和透射电镜（TEM）的使用，使人们能观察植物的超微结构，从而掌握更多的形态性状。50年代，色谱分析方法的应用，促使化学家在植物中大量分析和筛选天然化合物，导致化学分类学的产生。化学分类学重点是研究次生化合物在分类群中的分布，另一方面通过生物化学工作，即血清学、蛋白质电泳分析等，探讨分类群之间的亲缘关系和演化规律。我国于60年代开始植物化学分类学研究，从70年代末开始论文数量递增。计算机的应用，导致60年代兴起数量分类学或称统计分类学。该分支学科是以尽可能获得的性状，采用计算机运算，求得一个定量的分析，判断分类群之间的亲疏同异关系，该学科于70年代末引入我国，到了80年代开始普及并广泛应用于分支分类学。80年代，分子生物学的发展和渗入，产生了一个新的生长点——分子系统学，该分支学科应用DNA分析资料，最初在植物中主要用叶绿体DNA的RFLP（限制性片段长度多态性），后来则是应用某些基因或片段的核苷酸序列。到了90年代，即使痕量DNA也可通过PCR扩增用于测序，使DNA序列分析更为简便和快捷。用分支系统学的方法分析DNA序列的数据，构建分子树已成为一种重要的研究手段。化石是研究植物起源与进化的直接证据，80年代以来，许多重要的化石证据，特别是白垩纪被子植物花化石在国内外许多地点被发现，有助于探讨植物系统进化及其在时间与空间上的发展历程。

现代植物分类学（植物系统学）的发展趋势，集中体现在三个方面：（1）从植物学各分支学科中广泛吸收新证据，并加以综合，从不同层次和角度探索生命的发生和发展规律；（2）与其他自然学科和领域之间的相互

交叉与渗透在不断扩展和深化，这使人们对植物分类学这样古老的学科赋予新的概念，充实了新的内容，更多地将其称为系统与进化植物学；（3）研究方法空前活跃，三个学派即表征学派、进化学派和（谱系）分支学派从各自的角度探索分类类群之间的关系。表征学派常与数量分类学相联系，以总体相似性为归类标准；进化学派以分类群的共祖近度和进化分歧度为归类标准，有人称为综合分类学或折衷分类学；分支学派主要是用亨宁（W. Henning）于1950 年创立，1966 年补充的系统发育系统学方法，以分类群的共祖近度为归类标准，常用分支图解简约地表示等级格局，有人称之为亨氏系统学。

上述发展对植物分类产生了极其深刻的影响，使一些植物类群的系统发育关系不再停滞在比较或推导的阶段，而逐渐得到证明。

我国植物分类在20 世纪初才开始起步，晚于欧洲150 多年，经过近一个世纪的努力，建立起具有一定规模的科研和教学体系，为我国经济建设，尤其是对农、林、牧、医药等领域做出了巨大的贡献。在改革开放20 年中，通过与国际交流和合作，缩小了与西方发达国家之间的差距。21 世纪，植物分类学将向纵深发展，在探索植物的系统进化、保护生物多样性和寻找植物新资源等方面发挥更突出的作用。

参考文献

陈家瑞：中国植物分类学史，见：中国植物学会编：《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

洪德元：系统植物学的昨天、今天和明天，《植物杂志》，（4）：1998。

徐炳声：中国植物分类学中的物种问题，《植物分类学报》，（5）：36，1998。

王宗训：近代植物学史总论，见：中国植物学会编：《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

吴征镒：中国植物学历史发展的过程和现况，《植物学报》，2：3～4，1953。

（李振宇　陈家瑞）

水杉的发现（Discovery of *Metasequoia glyptostroboides*）

水杉（*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng）是中国特有的珍贵孑遗植物。它是杉科水杉属植物，落叶大乔木，一般高达35 m，胸径达2.5 m；侧生小枝对生，羽状；叶条形、扁平，交互对生呈两列、羽状，冬季与侧生小枝同时脱落；球花单性，雌雄同株；生长快，喜光，喜湿润，适应性较强；为速生造林树种，因树姿优美，又是著名的绿化树种。水杉属植物在中生代白垩纪及新生代时期，约有10 个种，曾广泛分布在北半球欧、亚、北美大陆。经历了第四纪特大冰川的残酷恶劣环境后，水杉属植物大部分灭绝，只有这一种残留在我国四川万县、湖北利川和湖南龙山、桑植。20 世纪40 年代初，水杉在中国的发现轰动了国际植物学界，它被誉为植物界的“活化石”。

水杉的发现史有点曲折，至今，还不时引发谁是水杉发现者的争论。1941 年10 月，中央大学森林系教师干铎，由湖北入川，途经万县谋道溪时，注意到土地庙后有一株当地人称之为“水桫”的奇异落叶大乔木，因树叶尽落未采到标本，转请万县高级农业职业学校教师杨龙兴代为采集，但始终未做鉴定。1943 年夏，中央林业实验所王战到鄂西神农架进行森林调查，路过万县住在农校，他大学时的老同学杨龙兴提醒他注意谋道溪的水桫。王战采得水桫的枝、叶和果实，初步定其名为“水松”，但未能确定，在定名后打了个“？”号。1945 年夏，中央大学森林系技术员吴中伦到中央林业实验所，王战托吴中伦带枝叶和果实标本请中央大学森林系教授郑万钧鉴定，郑万钧认为它决非水松，是生

存的松杉类中的一个新属。1946 年2 月和5 月，中央大学森林系技术员薛纪如两次到谋道溪，采得有叶、花和幼果的完整模式标本。郑万钧将王战、薛纪如采到的标本送请北平静生生物调查所所长胡先骕鉴定。胡先骕根据日本三木茂所鉴定的化石植物 *Metasequoia* 属的论文，认定“水杪”是该属植物中惟一的幸存种。1948 年，胡先骕、郑万钧联名在当年4 月出版的《静生生物调查所汇报》(第1 卷第2 期) 发表“水杉新科及生存之水杉新种”。

1947 年5 月，在南京成立了“中国水杉保存委员会”。1948 年5 月8 日，翁文灏主持该委员会第一次会议，会议记录记载了以上水杉发现的全过程。

（薛攀皋）

中国植物区系研究 (Studies on Floristics in China)

植物区系是指某一特定区域、气候带、地质时期、分类群、植物类型或具体到每一种生境中所有植物种类的总称，如中国植物区系、热带植物区系、横断山植物区系、第三纪植物区系、有花植物区系、森林植物区系、荒漠植物区系等。植物区系格局是植物在时间和空间上的发生和发展，以及与生物及非生物因子相互作用的综合体现。每一种植物都有特定的分布区和生境，而每一个区系都有特定的植物组合。植物区系与植物志的英文均为“flora”一词，源于拉丁文“flos”（花）的复数，但在近代和现代的应用中，实际上已超出原先词义的范畴，如苔藓植物区系、蕨类植物区系等。植物区系学 (floristics) 是植物区系地理 (floristic plant geography) 的主要内容之一，其研究对象是野生植物种类，也涉及种以上的分类单元（属、科等），但不包括引种栽培的外域种类。主要内容包括植物区系成分和分布区类型的研究，研究方法包括分类群的统计和分析，以及分布区制图和分布区型谱等。

中国植物区系的基本特征　中国幅员辽阔，气候、地质、地貌、土壤、植被都显示出极大的多样性，植物区系分异明显。现代中国植物区系是在劳亚古陆（古北大陆）和古地中海变迁的历史背景上发展形成的。第三纪中晚期，青藏高原的抬升、古地中海的消失、大气环流重组和季风系统的形成，构成了中国现代自然地理的基本框架。在第四纪冰期，中国大部分地区没有受到北方大陆冰盖的破坏，热带及亚热带地区曾几度成为古老植物的“避难所”，冰期和间冰期的气候更迭和海平面的升降，都对植物区系的演变产生了巨大的影响。中国是生物多样性最丰富的国家之一，其植物区系的基本特点大致可归纳为以下4 个方面。

种类丰富　目前已被科学记载的中国野生植物达43 200种（不包括近2 000种国产地衣及8 000多种真菌）：其中藻类植物约12 500种，苔藓植物约2 200种，蕨类植物约2 300种，裸子植物约200 种，被子植物约26 000种。中国产的菊科、豆科、兰科和禾本科的种数都超过1 000种。

起源古老　中国有悠久的地质历史，有适合各类植物生长繁衍的自然环境，保留了许多古老的植物。根据化石资料，银杏类始现于晚古生代，中生代三叠纪至早白垩世曾昌盛一时，拥有许多属种，广布于北半球，但以后衰退，至今仅剩下银杏 *Ginkgo biloba* 一种，残存于我国，成为著名的“活化石”。裸子植物8 个特有属中，除了白豆杉属 *Pseudotaxus* 未见化石外，其余银杉属 *Cathaya*、水杉属 *Metasequoia* 等7 属均有化石记录。

区系成分复杂　世界上，不同地区的植

物区系的多样性因各地区的历史和自然条件等方面的差异而有较大的不同。中国有3 875属高等植物。根据属的分布现状，吴征镒和王荷生将中国种子植物属划分为15 个分布区类型。根据植物区系和植被统一发生的原则，吴征镒将中国植物区系划分为泛北极植物区和古热带植物区，前者又分为6 个亚区、18 个地区，而后者面积小，含1 个亚区和5 个地区。中国植物区系成分的复杂性，在北半球名列前茅。

特有性突出　当植物的分布局限于某一区域范围时，便出现特有现象。银杏属、银杉属、杜仲属 *Eucommia* 等有化石记录的属为古特有属，而颈果草属*Metaeritrichium*、君范菊属 *Sinoleontopodium* 等则形成于青藏高原抬升之后，属于新特有属。中国植物特有银杏科 Ginkgoaceae、马尾树科 Rhoipteleaceae、杜仲科Eucommiaceae、伯乐树科 Bretschneideraceae 等。

中国植物区系研究　中国植物区系研究起步较晚，而且早期的研究者均为外国学者，如美国的格雷（A. Gray）、英国的赫姆斯利（W. R. Hemsley）、德国的第尔斯（L. Diels）等。他们讨论了有关中国植物区系的分区、区系的起源或历史、与北美或中亚等植物区系的关系以及中国一些地区的植物区系成分和特征。在当时中国植物名录、分布以及有关学科的资料都很有限的条件下，不可能对整个中国植物区系进行精确的划分，但重要的是他们提出了一些有趣的问题和研究思路。

20 世纪20 年代，我国学者开始涉及中国现代植物区系性质和分区问题的研究。胡先骕于1926 和1929 年发表“中国东南部森林植物之观察”，后来又陆续发表“中国植物区系长篇”（1929～1936）、“中国安息香科之植物地理”、“中国松杉植物之分布”（1934）、“中国木本植物区系与北美东部区系之比较”（1935）和“中国植物区系之性质与关系”（1936）。刘慎谔于1934～1936 年发表了“中国北部与西部的植物地理概论”等文章，提出了中国植物地理分区，他还发表了“云南植物地理”（1942）等论文。李惠林于1944 年根据五加科资料，把中国划分为14 个植物分布区，在1948 年，还发表了“东亚植物分布之要义及问题”。上述先驱性工作为中国植物区系研究奠定了基础。

50 年代，李惠林发表一系列专论，对中国玄参科植物的替代现象（1950）、东亚与北美东部区系亲缘关系（1952）和东亚木本植物区系的特有现象（1953）、台湾与菲律宾之间的区系交流（1953）、台湾植物区系发生上的亲缘关系（1957）等做了论述。

50 年代国内进行了多项植物资源调查，积累了丰富的资料，为开展中国区系研究创造了良好的条件，这一时期出现一些有影响的论文，如吴中伦“中国松属的分类与分布”（1956），陈邦杰“中国藓类植物科属系统表及地理分布”（1956），刘慎谔“华北植物地理”（1957）、“东北区植物地理”，郑勉“庐山植物的分布及皖、浙诸山植物的关系”（1957），秦仁昌“中国蕨类植物地理和区系组成”（1958）等等。

1952 年开始，我国学者开始进行中国种子植物属的分布区类型的研究。吴征镒、王文采于1957～1958 年发表“云南热带、亚热带地区植物区系研究的初步报告”（I、II），指出滇东南地处东亚植物区系、喜马拉雅植物区系和印度马来西亚植物区系分界处，保留了第三纪古热带植物区系的许多特征，并假设出东亚第三纪古热带植物区系的迁移路线或分布范围。吴征镒于1963 年在中国植物学会大会上做了“中国植物区系的分区问题”的报告，全文于1979 年正式发表。1965 年，吴

征镒发表“中国植物区系的热带亲缘”，将中国种子植物属划分为15个分布区类型和35个变型，并根据分布类型的统计及结合系统发育关系的研究，提出中国植物区系热带起源的重要论点。他与王荷生在“中国自然地理：植物地理”（1983）中将植物区系地理成分与发生成分联系起来，把连续分布与间断分布看成一个统一体。

张宏达发表了“华夏植物区系的起源和发展”（1980）、“大陆漂移与有花植物区系的发展”（1986）和“再论华夏植物区系的起源”（1996）三篇论文，认为“华夏植物区系是指中生代初期在华南地台孕育滋长起来的被子植物区系”，“是从当地起源的前被子植物发展出来的”；假设“前被子植物出现在三叠纪”，“到早侏罗世晚期转化为真正的被子植物”；认为“华夏植物区系最有可能是被子植物的发源地”，即提出了关于被子植物起源中心问题的新见解。

王文采在“中国植物区系中的一些间断分布现象”（1989）一文中根据对毛茛科等23个科的地理分布的研究，划分出16个间断分布式样，推测我国植物区系中存在三条重要的迁移路线。后来他又在“东亚植物区系的一些分布式样和迁移路线”（1992）中对自我国西南分别向东、西和东北三条迁移路线做了进一步阐述，同时肯定了前人提出的自云贵高原向南达爪哇和菲律宾的两条迁移路线。

1990至1995年期间，吴征镒主持了一项中国种子植物区系研究，组织多位中国植物分类学者，在《中国植物志》的基础上做了进一步总结，并从研究世界植物地理的角度，探讨一些科属的起源、分化和分布，发表论文一百余篇。

应俊生、张玉龙于1994年发表了《中国种子植物特有属》专著，对已知的中国种子植物243个特有属进行了外部形态、花粉、生态和地理分布的描述，分析其性质、特点和分布规律，划定了中国三个特有现象中心。

路安民主编的《种子植物科属地理》（1999）选择不同演化水平的56个分类群为代表，用系统发育的观点进行世界性的植物地理分布分析。这些研究成果为中国植物区系的发生、发展提供了有价值的科学论据。

纵观中国植物区系研究的历史，存在以下发展趋势：从地区性到全国和世界范围；从现代植物区系（静态）到植物区系在时间和空间上的发生与发展（动态）；从个别现象的观察到普遍规律的研究。在研究方法上从单一的描述与统计分析到多学科综合性研究，更多地吸收古地理学、古植物学、古生态学、植物生态学、动物生态学、细胞分类学、分支系统学等有关学科的证据。当前，植物区系的起源和间断分布格局的研究成为学术界关注的热点。上述发展，使植物区系研究已超出经典植物区系学的范畴，其实际内容已扩展到植物地理学的其他方面。

参考文献

陈家瑞：中国植物分类学史，见：中国植物学会编：《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

王荷生：《植物区系地理》，北京：科学出版社，1992。

吴征镒：论中国植物区系的分区问题，《云南植物研究》，1979。

（李振宇）

植物分子系统学（Molecular Systematics of Plant）

一、分子系统学发展简史

20世纪上半叶，血清分类学得到快速发展，分子系统学研究思想开始萌芽。20世纪60年代，蛋白质及核酸结构的研究方法被进

化生物学家所采纳，分子数据被用于揭示生物类群的谱系发生问题，分子系统学这一极富生命力的交叉学科开始孕育。由于技术方法的限制及分子水平研究的大量耗费，分子系统学研究在随后的近20年间仅有一些零星的工作，且主要是利用叶绿体基因组的酶切图谱比较及基于Southern杂交的烦琐的RFLP分析。随着耐高温DNA聚合酶的发现、PCR技术的发明、DNA快速测序技术的发展、少数几种植物叶绿体基因组的全序列测定及基于PCR技术的一系列分子标记的广泛应用，分子系统学研究自80年代末期得到飞速发展，其原理和方法日趋完善。Hillis和Moritz编著的 *Molecular Systematics*（1990）的出版标志着分子系统学作为一个学科的诞生，该学科利用分子水平的各种进化式样重建系统发育，阐明生物多样性形成的过程和机制。对植物分子系统学研究产生重要影响的另外两部著作是Crawford编著的 *Plant Molecular Systematics*（1990）及Soltis夫妇和Doyle编著的 *Molecular Systematics of Plants*（1992）。1993年，Mark Chase等42位作者在《密苏里植物园年刊》（*Ann. Missouri Bot. Gard.*）上发表了植物系统学研究中具里程碑性质的工作，即基于*rbcL*基因序列对种子植物进行的系统发育重建。但直至90年代中期，绝大多数分子系统学研究仅利用单一基因序列分析或PCR－RFLP分析，研究的基因多为单亲遗传的叶绿体基因（如*rbcL*）或多拷贝核基因（如rDNA）。

由于不同基因组的遗传体系存在差异，加上谱系类聚、基因重复或缺失、旁系基因转移、网状进化等一系列进化事件的发生及各基因组对这些进化过程的反应有所不同，因此同一植物类群的不同基因的基因树的结构有时不一致，单一基因树有时不等于物种的谱系树。相反，如果某一类群的多个基因组的代表性基因的基因树结构一致，说明基因树反映了生物类群的系统发育过程。基于上述原因，90年代末期，多基因组、多基因的综合分析在分子系统学研究中受到广泛推崇，单拷贝或低拷贝核基因的研究得到迅速发展，并已成为分子系统学（特别是分子进化）研究的生长点。

二、中国的植物分子系统学研究

中国的植物分子系统学研究起步较晚，并且自屈良鹄等利用Ls－rRNA5′端的核苷酸序列探讨万年青（*Rohdea japonica*）的系统位置这一开篇之作的发表至90年代中期几乎处于停滞状态。但在随后的短短几年中，已与国际水平接轨，其中稻属（*Oryza*）、芍药属（*Paeonia*）基因组的进化研究及松科（Pinaceae）、桦木科（Betulaceae）的系统发育重建工作已在国际上产生重要影响。依据研究手段可分为以下几个方面：

1. 叶绿体基因的限制性内切酶位点（PCR－RFLP）分析

由于叶绿体基因较为保守，在总DNA中的拷贝数多，引物易于设计，PCR及酶切分析简单易行，且耗费较低，因而很快得以开展。如丁士友等通过*ndhF*和*psbA*的PCR－RFLP分析，对豆科黄耆亚族进行了系统发育重建；黄锦岭等利用*rbcL*基因的PCR－RFLP分析，研究了铃兰族的系统发育问题；汪小全等通过*rbcL－accD*基因片段及*trnK*基因的PCR－RFLP分析探讨了松科（Pinaceae）的系统发育问题，发现银杉属（*Cathaya*）为松属（*Pinus*）的姐妹群，黄杉属（*Pseudotsuga*）与落叶松属（*Larix*）具有很近的亲缘关系，首次从分子水平揭示了我国的裸子植物活化石银杉的系统位置；基于*trnK*和*rpl*16两个基因片段的PCR－RFLP分析，吴世安等对广义百合科黄精族6属23种植物进行了系统发育分析；何兴金等探讨

了国产葱属（*Allium*）植物间的系统发育关系。

2. 叶绿体基因的序列分析

基于*rbcL* 基因的序列分析，汪小全等探索了银杉属的分类等级及其系统位置；陈之端等揭示了马尾树科（Rhoipteleaceae）与胡桃科（Juglandaceae）间的亲缘关系；俸宇星等对连香树科（Cercidiphyllaceae）和交让木科（Daphniphyllaceae）的系统位置进行了重新评价，并讨论了原“低等金缕梅类”（lower Hamamelidae）间的关系。基于*matK* 基因序列分析，汪小全和舒艳群重建了红豆杉科（Taxaceae）及三尖杉科（Cephalotaxaceae）的系统发育。结果表明：红豆杉科与三尖杉科均为单系群，二者互为姐妹群；白豆杉属与穗花杉属为红豆杉科中的两个很自然的属，白豆杉属为红豆杉属的姐妹群，穗花杉属为榧树属的姐妹群；此外，该研究不支持将竹柏属（*Nageia*）提升为科。

3. 核糖体DNA 内转录间隔区（ITS）序列分析

由于ITS 片段较短，拷贝数多，在被子植物中的长度变异幅度较窄，协调进化（concerted evolution）程度高，在植物界中具有PCR 扩增的通用引物，为PCR 扩增及直接测序提供了良好条件。此外，该片段进化速率较快，适用于探讨种间及近缘属间的系统发育关系，加上我国从事专科、专属的研究人员较多，基于该片段序列分析的分子系统学工作在数量上一直占主导地位，选例如下：

葛颂等探讨了沙参属（*Adenophora*）的种间关系，揭示了濒危植物裂叶沙参（*A. lobophylla*）的系统位置，支持将该物种从泡沙参（*A. potaninii*）复合体中移出，甚至应移出有齿亚组。此外，该研究发现ITS 序列在沙参属种间的分化程度很低，推测可能与沙参属起源较晚、遗传分化较小有关。

在升麻族（Cimicifugeae）的研究中，汪小全等发现铁破锣属（*Beesia*）（东亚特有属）为升麻族的自然成员，类叶升麻属（*Actaea*）与升麻属（*Cimicifuga*）中的一个北美特有的组（Sect. *Macrotrys*）有很近的亲缘关系，并很可能起源于该组内。

施苏华等探讨了金缕梅亚科（Hamamelidoideae）的系统发育问题，发现亚科内及其中的金缕梅族（Hamamelideae）内部呈复系演化（polyphletic）的特征。

张文驹等重建了小麦B 基因组的可能供体山羊草属拟斯卑尔脱组（*Aegilops* sect. *sitopsis*）5 个种的系统发育关系，发现长柱山羊草（*Ae. longissima*）与沙融山羊草（*Ae. sharonensis*）的关系最近，斯卑尔脱山羊草（*Ae. speltoides*）与其他4 个种的关系较远。

王超等在山羊草属异源多倍体物种核rDNA ITS 区的进化研究中，发现多倍体种均与各自的某一祖先种构成稳定分支，说明在杂交—多倍化后，多倍体物种的ITS 序列向某一祖先种的ITS 序列发生协调进化。

刘忠等重建了五味子科（Schisandraceae）的系统发育，发现原五味子属北美五味子组（*Schisandra* sect. *Schisandra*）的瘤枝五味子（*S. bicolor* var. *tuberculata*）聚在南五味子属（*Kadsura*）内，因而五味子属和南五味子属均不是单系群，根据基因树可推测长果托和落叶习性在五味子科中均不是单元发生的。

孔宏智和陈之端构建了金粟兰属（*Chloranthus*）的系统树，发现传统上根据习性将该属分为两支是不自然的，支持依据雄蕊的特征将该属分为两支。

刘建全等探讨了青藏高原特有植物华福花属（*Sinadoxa*）的系统位置，结果表明该属与五福花属（*Adoxa*）近缘，不支持它可能与五加目或败酱科有亲缘关系的假说。

张道远等探讨了柽柳科3属10种植物的系统发育关系，发现秀丽水柏枝（*Tamaricaria elegans*）是源于柽柳属（*Tamarix*）与水柏枝属（*Myricaria*）两属的杂交后代。

类似的研究还有很多，如苦苣苔亚科（Cyrtandroideae）的族间关系研究、金缕梅科（Hamamelidaceae）的系统发育研究、苋属（*Amaranthus*）的属下划分问题等。

4. 多基因序列的综合分析

稻属基因组的进化研究　葛颂等通过叶绿体基因组的成熟酶基因（*matK*）和核基因组的乙醇脱氢酶基因（*Adh*1 和 *Adh*2）序列分析，对稻属9个基因组、23个种进行了系统发育重建，支持稻属基因组的划分。结果表明：EE 基因组的种与DD 基因组的祖先种关系最近；CCDD 基因组的3个种可能均由单次杂交起源，其母系亲本含CC 基因组；BBCC 基因组的种起源各异，其母系亲本含BB 基因组或CC 基因组；AA 基因组起源较晚，起源后发生了快速辐射分化。此外，该研究从 *Oryza schlechteri* 和 *Porteresia coarctata* 中发现了一个新基因组，并定名为HHKK，该结果同时说明 *P. coarctata* 为稻属成员。

松科三个基因组的谱系及分子进化研究　松科植物的叶绿体、线粒体及核基因组分别为父系、母系和双亲遗传，这种独特遗传体系组合在植物界十分罕见（目前仅见于红豆杉科和猕猴桃属）。汪小全等对松科所有11属植物的叶绿体基因组的 *matK* 基因、线粒体基因组的 *nad*5 基因的一个内含子及核基因组的 4*CL* 基因进行了序列分析。结果发现：根据这3个基因的序列分别构建的基因树的结构一致，特别是 *matK* 基因树与 *nad*5 基因树结构的一致性有力否定了长苞铁杉属（*Nothotsuga*）和大果铁杉（*Tsuga mertensiana*）的杂交起源假说。分析表明：这3个基因中仅 *matK* 基因符合分子钟进化，进而根据该基因序列推断了松科各属的分化时间，结果与化石证据相吻合。此外，该研究发现 4*CL* 基因在松科属内频繁发生基因重复（这可能是裸子植物庞大核基因组形成的原因之一），但这些重复基因不存在于属间。依据这3个基因的综合序列，对松科的系统发育分析得到一个支持强度极高的最简约树，该简约树可能是松科的谱系树。

桦木科的系统发育重建　陈之端等构建了桦木科的 *rbcL* 和ITS 基因树，发现两个基因树的结构与形态分析的结果及基于化石证据的推论相吻合，均支持将桦木科分为桦亚科（含桤木属 *Alnus* 及桦木属 *Betula*）和榛亚科（含榛属 *Corylus*、虎榛子属 *Ostryopsis*、鹅耳枥属 *Carpinus* 及铁木属 *Ostrya*），但ITS 序列在亚科内的分辨率远较 *rbcL* 基因序列高。在榛亚科中，*Corylus* 为 *Ostryopsis*—*Carpinus*—*Ostrya* 支的姐妹群，*Ostryopsis* 为 *Carpinus*—*Ostrya* 支的姐妹群。

5. 原位杂交

张大明和桑涛通过FISH（Fluorescent *in situ* hybridization）方法研究了核糖体DNA（rDNA）位点在芍药属多种植物染色体上的分布，不仅为该属的系统发育重建提供了重要证据，而且还有助于深入探讨rDNA 的协调进化问题。该研究推测现存的芍药属植物的最近共同祖先具有3个rDNA 位点，并分别位于第3、4和5号染色体上。

6. DNA 指纹分析

通过RAPD 分析，汪小全等发现银杉（*Cathaya argyrophylla*）群体间发生强烈分化；李宽钰等探讨了毛白杨的起源问题；乔爱民等揭示了芥菜（*Brassica juncea*）16个变种间的亲缘关系；周永红等探讨了10种披碱草属（*Elymus*）植物间的亲缘关系及鹅观草

属（*Roegneria*）的种间关系；孔秀英等对山羊草属（*Aegilops*）的五个基本基因组的系统发育关系进行了分析，发现普通小麦ABD基因组与S基因组间的关系最近，C与U基因组具有比较近的亲缘关系，D基因组与其他基因组间的关系较远。

三、植物分子系统学研究展望

基因树与物种树的关系是植物系统学研究中长期争论的问题，解决这一问题不仅要利用三个基因组序列资料进行综合分析，而且要加强基因自身的进化规律研究以及比较基因组学、功能基因组学及发育生物学方面的研究。此外，拟南芥和水稻全基因组序列的破译将为不同植物类群中同源基因序列的挖掘和重要功能基因的表达研究提供良好的条件，并预示着植物分子系统学研究的美好前景。

参考文献

陈之端，汪小全，孙海英，韩英，张志宪，邹喻苹，路安民：马尾树科的系统位置：来自rbcL基因核苷酸序列的证据，《植物分类学报》，36（1）：1～7（in English），1998。

屈良鹄，余小强，洪德元，鲁迎青：万年青Ls－rRNA5′端核苷酸序列及进化意义，《植物分类学报》，28（6）：425～429，1990。

汪小全，韩英，邓峥嵘，洪德元：松科系统发育的分子生物学证据，《植物分类学报》，35（2）：97～106，1997。

Ge，S.，Sang，T.，Lu，B. R.，and Hong，D. Y.：Phylogeny of rice genomes with emphasis on origins of allotetraploid species，*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*，96：14 400～14 405，1999。

Wang，X. Q.，Tank，D. C.，Sang，T.：Phylogeny and divergence times within the pine family：evidence from three genomes，*Mol. Biol. Evol.*，17（5）：773～781，2000。

（汪小全）

藻类学

(Phycology，Algology)

藻类（Algae）是一类具有叶绿素，营自养生活，植物体没有真正的根茎叶的分化，生殖器官是单细胞的，用单细胞的孢子或合子进行生殖的低等植物，又称孢子植物。藻类植物体千姿百态，光合色素组成也纷繁多样，但它们都含有叶绿素a，进行放氧的光合作用。

现代研究证明，早在34亿年前，原核的蓝藻类就在地球上出现，而藻类的某些类群与高等维管束植物有直接的亲缘关系。因此藻类在地球上植物系统演化历程中处于承前启后的关键环节上。藻类学是研究藻类的形态分类、系统演化、生态分布、生理生化、遗传特性及其应用的隶属于植物学的一分支学科。20世纪60年代以来，随着现代生物学的迅速发展，以形态分类为主要内容的传统藻类学，由于亚显微结构研究揭示的许多新现象，分子系统学的探索，蓝藻、衣藻分子遗传学研究的深入，水质环境保护日益受到广泛重视等原因，许多分支学科应运而生，如藻类生态学、藻类生理学、藻类遗传学。特别是近十多年来，蓝藻（蓝细菌）分子生物学和衣藻（*Chamydomonas*）分子遗传学已成为藻类学中十分活跃的分支领域。藻类广泛分布于江河湖海、池塘沟渠、水洼、潮湿土表、温泉、冰雪等各种生境。多种藻类还被直接用于食品、饲料、化工原料、药物及肥料等。应用藻类及藻类生物技术研究引起广大藻类学者、企业家的关注。藻类学者依据植物体形态构造和光合色素组成特点将藻类分成若干“门”或“纲”。目前国内外较流行的分类系统，将藻类分成10个门及1个亲缘关系不明的类群，即蓝藻门（蓝细菌）(Cyanophyta，Cyanobacteria)、原绿藻门

(Prochlorophyta)、绿藻门 (Chlorophyta)、轮藻门 (Charophyta)、裸藻门 (Euglenophyta)、褐藻门 (Phaeophyta)、金藻门 (Chrysophyta)、甲藻门 (Pyrrophyta)、红藻门 (Rhodophyta)、隐藻门 (Cryptophyta)、关系不明的藻类 (Algae of uncertain Affinity)。现代藻类学起源于西方，但在许多中国古代典籍中就有关“藻”的记载，据曾呈奎和张峻甫的研究和整理，我国古代文献中记述的藻类分属于4个门的16属21种。19世纪西方现代自然科学的发展对我国包括藻类学在内的自然科学的建立和发展产生了一定影响。我国藻类学的建立是从外国人采集标本（包括藻类）研究物种分类和区系分布开始的。英国藻类学家特纳 (D. Turner) 所著的《墨角藻属 (*Fucus*) 的图谱与描述》(1802～1819) 一书中记载的*Fucus terner* (Tur.) 一名，是外国文献中第一次描述的中国藻类。直到20世纪20年代外国藻类学者发表的一些中国藻类的论文专著，都没有中国人参加。1925年以来，王家楫、王志稼、李良庆、饶钦止、曾呈奎、朱浩然、金德祥、黎尚豪等分别在淡水藻和海藻的分类区系方面进行了较广泛的调查研究。其中饶钦止著的《中国鞘藻目专志》不仅是我国藻类志编研的范本，还被国外藻类学家誉为是“藻类学上的一项重要贡献”。1973年中国孢子植物志编委会的成立，使我国藻类分类学研究得以按门类有系统地深入开展，到1999年出版了中国淡水藻志5卷册，海藻志3卷册。

1958～1959和1983～1984年两次大规模的海洋普查以及对我国沿海海藻区系分析表明，我国渤海、黄海属北温带海洋植物区系组，北太平洋植物区的东亚区；东海和南海的东南部，台湾岛的东部和南部，以及东沙、西沙和南沙群岛则基本都是热带性质的。

自50年代起对湖泊、水库和某些河流淡水藻进行了广泛调查，研究结果表明，我国长江以南的种类和印度－马来西亚的区系组成，在地理分布上有密切的关系。60年代以来，结合三峡水利枢纽、南水北调和水体污染等工作的需要，开展了有关藻类的调查，获得很多新成果。20世纪50年代以来，曾呈奎等对海带配子体、幼孢子体的生长发育与硝酸盐、磷酸盐、光照强度、光照时间、温度等因素的关系做过较深入的研究，找出各种最佳条件。研究还证明海带的含碘量为3.2～4.9 mg/g（干重），为海水碘浓度的10万倍。曾呈奎、张德瑞对甘紫菜 (*Porphyra tenera*) 生活史进行了深入研究，发现甘紫菜生活史是由叶状体阶段和丝状体阶段交替发生构成的，弄清了长期以来“孢子来源”不明的理论问题，为紫菜的人工养殖提供科学依据，促进了我国紫菜养殖业的发展。

黎尚豪及其合作者进行了固氮蓝藻固氮作用的研究。从我国稻田中分离出一批有固氮能力的固氮蓝藻，较系统深入地研究了各种化学的和物理的因素，如磷、铁、光、pH、微量元素等对这些藻类生长和固氮作用的影响。大田实验表明：施种固氮蓝藻有一定的增产效果，主要是在于增加了籽粒数目，减少了空壳率。

朱树屏最早从事浮游藻类培养研究，他所研制的“朱氏10号”(Chu 10) 培养基配方，至今在国内外仍被广泛使用。20世纪50年代，朱树屏、金德祥、华汝成以及黎尚豪等从开辟食物和饲料来源的角度进行了单细胞绿藻、硅藻及蓝藻等大量培养试验，获得了很多实验室成果。

中华人民共和国成立前，我国藻类应用与开发工作十分落后。解放后，藻类学者在深入研究海带、紫菜等经济海藻生理、生态特性，弄清它们生活史的基础上，创造了一

套科学的养殖技术，半个世纪以来，我国已建立起相当规模的海藻养殖业，每年生产100万吨以上的鲜藻，如海带、紫菜、裙带菜、麒麟菜、江蓠等，以及数千吨的海藻制品，如褐藻胶、琼胶、卡拉胶、甘露醇和碘。我国海带的年产量已占全世界的一半以上，褐藻胶已居世界第二位。紫菜的单产量居世界首位，我国已由海藻及其产品的进口国变成出口国。

螺旋藻(*Spirulina*)作为人类优良的保健食品，70 年代初在国外开始工厂化生产，到 80 年代，在美国、泰国、日本和我国台湾已形成相当规模的产业。1986 年，我国开始研究螺旋藻培养、工业化生产技术。胡鸿钧等在云南省永胜县程海湖畔建立我国第一个螺旋藻中试基地，为我国螺旋藻产业的建立和发展奠定基础。他们还成功地筛选培育了钝顶螺旋藻许多优良新品系，建立了我国目前收集保藏螺旋藻品系最多的藻种库。我国螺旋藻生产能力几乎达到国外年总产量，仅程海湖地区螺旋藻养殖面积就达 $4\times10^5\,m^2$。

近年来许多水体受到严重污染，许多湖泊乃至江河水体中某些藻类，如微囊藻(*Microcystis*)、膝沟藻（*Gonyaulax*）等，大量繁殖形成水华和赤潮，不少水华或赤潮藻类分泌毒素，致使水产动物中毒死亡，造成严重的危害，人畜中毒的事件也时有发生。控制和治理水华和赤潮的发生已成为重要的研究课题。

我国海洋和内陆水域面积辽阔，藻类种类繁多，资源十分丰富，为研究藻类系统演化和极端环境条件下的生理生化特性以及筛选培养有应用价值的种类提供丰富的自然资源，如红球藻（*Haematococcus*）等，或提供特有的试验材料，如聚胞藻(*Synechococcus*)、鱼腥藻（*Anabaena*)、丝状蓝藻（*Calothrix*)、衣藻（*Chlamydomonas*）、小球藻（*Chlorella*）等及其品系。近十多年来，分子生物学迅猛发展，不少微藻的种和品系（如 *Anabaena* sp. PCC 7120）作为研究某些基因的转移和表达系统已取得不少重要成果。转基因微藻生产某些药物、化工产品、特殊化合物等在21 世纪将会作为一个新兴产业。同时，含有某些（种）人类所必需成分的微藻将在近十几年内投入工厂化生产。海洋微藻的开发应用将会得到更大的发展，藻类在水体环境保护中的作用也必将起到越来越重要的作用。

参考文献

胡鸿钧，李尧英，魏印心等：《中国淡水藻类》，上海：科技出版社，1980。

饶钦止：《中国鞘藻目专志》，北京：科学出版社，1979。

曾呈奎（主编）：《中国经济海藻志》，北京：科学出版社，1962。

黎尚豪：固氮蓝藻作为晚稻肥源的研究，《水生生物学集刊》，7（3）：417～424，1981。

（胡鸿钧）

真菌学

(Mycology)

真菌学是专门研究真菌生命现象及其与人类关系的科学，是生物学的一个分支。真菌是界于植物和动物之间以吸收方式获得营养的非光合生物。1969 年，Whittaker 根据其表型性状，曾将真菌建立为独立的“真菌界”(Kingdom fungi)。近年来，通过对真菌界代表成员的rDNA 小亚基碱基序列比较研究后得知，所谓的“真菌界”实际上是一异源的复系类群。根据系统生物学原理，复系的Whittaker“真菌界”已被分流至三个不同的生物界中，即单系的管毛生物界（Stramenopila）、复系的原生生物界（Protists）以及单系的“真菌界”（Kingdom

Fungi)。为了避免在术语上的混淆，单系真菌界的“Fungi”首位字母“F”大写，即“Kingdom Fungi”，相应的中文名称为“真菌界”或“真菌”；而Whittaker的复系“真菌界”中的“fungi”首位字母“f”小写，即“Kingdom fungi”，相应的中文名称为“菌物界”或“广义真菌界”，以资区别。

管毛生物界包括广义真菌界中的卵菌门(Oomycota)、丝壶菌门(Hyphochytriomycota)、网粘菌门(Labyrinthulomycoyta)，以及广义真菌界以外的褐藻及硅藻等。经研究得知，凡属于管毛生物界生物的细胞壁均以纤维素为主，而且其游动孢子鞭毛密生纤细茸毛。至于裸菌类的粘菌门(Myxomycota)、根肿菌门(Plasmodiophoromycota)、网柱菌门(Dictyosteliomycota)及集胞菌门(Acrasiomycota)，则作为四个彼此异源的门类暂被归入复系的原生生物界。它们之间的惟一共性在于缺乏细胞壁。而且，除根肿菌门外，其他三个不同门类的裸菌生物的营养方式均为吞食型，可移动，因而接近于动物界。单系真菌界则只包括壶菌门(Chytridiomycota)、接合菌门(Zygomycota)、子囊菌门(Ascomycota)及担子菌门(Basidiomycota)。曾被作为半知菌亚门(Deuteromycotina)的无性阶段真菌则按其全型性概念而被归入相应门类，主要是子囊菌门。

中国的真菌学简史可分为三个时期，即18世纪以前的古代真菌学时期；18世纪以后至20世纪上半叶，以外国人研究中国真菌为主的近代真菌学时期；20世纪以来，以中国人研究中国真菌为主的现代真菌学时期。

古代真菌学时期　酒是真菌的代谢产物，中国的酒文化博大精深，源远流长，从出土陶质酒器证明，迄今约有七千年的历史，比西方早约一千年。距今六千多年前的仰韶文化时期(公元前5000～公元前3000年)，中国先民便已大量采食菇类，比西方早2 500年。中国历代古书中多有食用蕈菌的记载，如宋代陈仁玉在其菌谱中记述了浙江台州产稠膏菌、松蕈、鹅膏蕈等11种，对其形态、生态、品级和食用方法等进行了论述和分类。这一著作堪称为中国第一部食用菌地方志，比西方同类著作《真菌》(Steerbeck，1675)早400多年。中国最早的本草药书《神农本草经》(秦汉时期)所记载的265种药物中，详细描述了“六芝”、“茯苓”、“雷丸”、“桑耳”等10多种药用蕈菌的形态、色泽、性味和功效等。明代李时珍在其巨著《本草纲目》(1578)中对“三菌”、“五蕈”、“六芝”、“七耳”以及“羊肚菜”、“竹蓐”、“柘黄”、“鸡枞”和“雪蚕”等30多种真菌药物进行了详细的论述。与同时代欧洲人(如C. Clusius，1529～1609)的真菌学水平相比，毫不逊色。

近代真菌学时期　从18世纪中叶到20世纪40年代，一些外国传教士、旅行家、外交官、科学家等先后来我国考察资源，采集标本。法国传教士C. M. Cibot早在1759年就来华采集了约25年，发表过不少有关中国植物和真菌的文章。其中1775年发表的关于五棱散尾菌(*Lysurus mokusin*)的文章是以近代科学方法研究为基础的第一篇有关中国真菌的论文。俄国的G. N. Potanin曾四次(分别于1876，1879～1880，1884，1891～1894)来华采集标本。后来又有瑞典、意大利、奥地利和美国等27人次来华采集标本。研究发表我国真菌论文的作者60余人，发表论著114篇册，报道中国真菌2 040种，其中新属10个，新种361个。自1894年以来，特别是1937年日本侵华以后，大批日本人涌入我国，对于我国真菌资源和植物病害进行调

查研究和标本采集，发表论文172 篇，报道我国真菌6 000余种，其中新属17 个，新种1 130 个。

现代真菌学时期 我国科学家从事中国真菌研究则始于20 世纪初。他们多是结合植物病害和工业发酵进行的。关于“滋补白木耳之研究”是由吴冰心于1914 年撰写的。胡先骕则著有《菌类鉴定法》，邹秉文则著有《种蕈新法》等。在结合植物病理进行真菌研究的有章祖纯、钱燧初、戴芳澜、朱凤美、俞大绂、魏景超、林传光、林亮东以及凌立等。在结合发酵工业的真菌研究中有张美淦、魏寿、方心芳、金培松、施有光、沈学源以及冀鹤鸣等。专门进行真菌学调查研究的胡先骕在“浙江菌类采集杂记”（1921）中报道了真菌39 种，在“江西菌类采集杂记”（1923）中报道了真菌21 种。这两篇论文是我国科学家专门研究我国真菌的最早著作。此后，戴芳澜、陈鸿康、邓叔群、凌立、阎玫玉、周宗璜、欧世璜、林亮东、王云章、方心芳、魏景超以及裘维蕃等先后发表了不少真菌学研究论著。专门进行我国真菌学研究并对我国真菌学起到奠基和推动作用的当推戴芳澜和邓叔群等。戴芳澜（1893～1973）于1927 年发表了第一篇专门真菌学论文“江苏真菌名录”；随后在1930 年又发表了“三角枫上白粉菌一新种”，是我国真菌学家所发表的第一个中国真菌新种。此外，他还发表了“中国真菌杂录”（1932～1946）和《中国真菌总汇》（1979），分别记载了我国真菌2 600种和7 000种。邓叔群（1902～1970）从1932 年起连续发表有关南京、浙江、广东、福建、北京以及西南地区的菌物学论文20 篇；于1939 年以多年研究的成果为基础著有英文版《中国高等真菌》，含2 400 种真菌的描述。邓叔群在多年研究和修订的基础上于1964 年以中文出版了《中国的真菌》专著。王云章（1906～　　）著有《中国的黑粉菌》和《中国禾本科植物锈菌分类研究》（1983）等专著。此外，魏景超（1908～1976）著有《真菌鉴定手册》（1979）。

1949 年以后，随着中国科学院的成立，在中国科学院植物研究所真菌植病研究室的基础上建立了应用真菌学研究所。在中国科学院的主持下，于70 年代初成立了包括《中国真菌志》在内的中国孢子植物志编辑委员会，以组织全国真菌学家进行《中国真菌志》的编写。自20 世纪70 年代末以来，即改革开放以来，我国真菌学有了更大的发展，如各级学术刊物的创办，中国科学院真菌地衣系统学开放研究室的创建，国家级学会和协会的成立，国内两岸定期学术交流和中韩定期学术交流的开展，以及与欧、美同行科学家之间的合作与交流，大量研究成果的涌现与志、书的出版，食用、药用真菌资源的开发利用，都对促进我国经济发展和真菌科学繁荣起到了积极作用。

分别由全国真菌学家编写的《中国真菌志》自1973 年启动以来已经出版了约20 卷（册）。由裘维蕃主编的《菌物学大全》在1998 年出版。

自20 世纪90 年代以来，我国真菌学的各个领域已经进入了分子生物学时代。在真菌多样性及其系统性研究领域，通过对真菌DNA 的RAPD 分析进行的种内群体间和群体内的变异及其亲缘关系的研究，以及通过RFLP 分析与rDNA 不同片段碱基序列比较分析进行的种以上各阶元亲缘关系的研究已基本展开，论文不断涌现。

由于真菌染色体极小，在光学显微镜下难以进行核型分析，因而这一技术长期未能在真菌系统学中发挥作用。近年来，随着脉冲电泳仪的出现，进行真菌完整染色体DNA的分子核型分析有了可能。围绕酵母菌和某

些植物病原真菌的分子核型分析已有不少文章发表。

毕银丽等利用双重培养技术使丛枝菌根真菌（*Gigaspora margarita*）侵染转移Ri T－DNA胡萝卜根器官，从而建立共生联合。对于共生联合中菌丝对根器官的入侵，菌丝在根内的分布，原生质在菌丝内的双向流动，根外辅助细胞的形成，菌丝的愈伤现象以及孢子的产生、发育和再发芽的形态特征进行了比较系统的研究。研究表明，真菌在共生联合中所形成的形态构造对植物的养分吸收和运输具有重要意义。

在真菌资源开发方面可分为粗放的第一次开发、纯化有效成分的第二次开发以及通过转基因工程的第三次开发三个层次。第一次开发：在20 世纪60 年代至70 年代初，中国科学院微生物研究所真菌研究组以刘锡进为主的科学家们首先实现了灵芝（*Ganoderma lucidum*）的人工栽培。随后将这一栽培技术向全国推广，从而掀起了灵芝开发与应用的热潮。随着我国改革开放后经济的飞速发展，灵芝的开发与应用从大陆迅速传播至我国港、澳、台地区。近年来，灵芝孢子作为保健品也日益受到重视。在食用真菌的人工栽培研究、生产及销售量方面日本曾位居世界第一。自《毒蘑菇》（1975）和《食用蘑菇》（1982）由中国科学院微生物所的真菌学家编写出版以后，尤其是改革开放以来，我国在食用真菌的人工栽培研究、生产及销售量方面很快便赶上并超过日本，在全世界名列前茅。用于保健品的真菌资源开发虽然拥有巨大的市场效益，然而其产品科学含量不高的现状亟待改变。

第二次开发：野生的珍稀食用、药用真菌金耳（*Tremella aurantialba*），又称黄木耳，是重要的保健食品。它的营养保健作用与其富含的多糖成分有密切关系。金耳多糖的分离、纯化及其理化性质的分析研究已在国内日益展开。这一层次的开发性研究工作正在日益扩大。

第三次开发：深黄被孢霉（*Mortierella isabellina*）是用于发酵生产γ-亚麻酸的主要菌种。γ-亚麻酸为人体不可缺少的不饱和脂肪酸，对人体的激素调节及脂肪酸代谢发挥着重要的生理作用，尤其在心血管疾病、糖尿病以及癌症方面的医疗价值而成为学术界研究的热点。为了解决发酵产率过低等诸多问题，通过基因工程改造生产菌株便成为最佳选择。在脂肪酸代谢途径中，Δ^6-脂肪酸脱氢酶是以亚油酸为底物，在C^6 位脱氢形成γ-亚麻酸。因此，我国科学家们已从深黄被孢霉M_{6-22}菌株中克隆到该酶的基因，从而为构建高效表达的工程菌株打下良好基础。此外，国内对于真菌β-内酰胺次级代谢调控的分子机制也进行了研究。随着对其结构基因功能的进一步认识，利用代谢途径的遗传重组技术，为产生新抗生素提供了可能。由于这一层次的真菌资源开发产品都是化学结构清楚的化合物，而且是在人工控制的工业化条件下进行生产的，因而可以排除人们对于生物安全性方面的担忧。

近年来，国内在虫生真菌与食线虫真菌研究方面也有长足进展。

全世界迄今已知的真菌约7 万种，中国还不到1 万种。根据专家的保守估计，全世界实际存在的真菌不少于150 万种。若以世界与中国的已知种数之比约为7 估计，中国实际存在的真菌应不少于21 万种。何况中国在生物多样性方面是地球上12 个“巨大多样性国家”之一，也是北半球温带地区生物多样性最丰富的国家。因此，中国实际存在的真菌种数将远远超过上述估计的种数。

一个物种便是一个独特的基因库。20 多万个独特的基因库是我国宝贵的可再生资源

财富。展望21世纪，真菌多样性及其系统与进化生物学的研究，与真菌物种资源与基因资源开发与持续利用的研究之间的紧密结合，有可能使真菌学在我国可再生资源开发与持续利用中取得突破性进展。

参考文献

戴芳澜：《中国真菌总汇》，北京：科学出版社，1979。

余永年：真菌学二百五十年，《真菌学报》，1 (1)：48，1982。

王云章：真菌学在中国的发展概况（英文），《真菌学报》，4 (3)：133，1985。

（魏江春）

地衣学
(Lichenology)

地衣学是研究地衣多样性、结构、功能及其生命现象与人类活动关系的科学。地衣是自然界中的一种独特而奇妙的生命形式。它是自然界一群专化的地衣型真菌与特定的地衣型藻类及蓝细菌处于稳定共生状态下的生命形式。由于菌、藻之间的稳定共生而导致地衣在形态、结构、化学等方面具有不同于普通真菌和普通藻类的独特性状，因而，长期以来，地衣一直被作为独特的绿色植物门被专门研究，从而形成独立的专门学科——地衣学。然而，地衣的科学名称及其系统分类地位仍被归入真菌界。而其中的共生藻则被归入相应的藻类系统。

中国地衣的研究史大体可分为三个时期，即本草时期、传统地衣学时期以及现代地衣学时期。本草时期相当于林奈前时期，从公元前500年至18世纪中叶。早在公元前500年以前，在中国古代文献《诗经》中就有关于“女萝”（即松萝）的记载。在唐代，即公元618～907年，甄泉在《药性本草》中便有“松萝”、“石蕊”的记载。著名的中国本草植物学巨匠李时珍190万字的巨著《本草纲目》于1578年开始分50卷问世。全书含本草及其他药物计1 892种，其中374种为李时珍本人所发现。有关地衣的记载为四种，即“石蕊（21卷19页）”、“地衣草（21卷20页）”、“石耳（28卷31页）”及“松萝（37卷12页）”。

根据李时珍的描述，“蒙顶茶”可能是“石蕊”的别名。“地衣草”的别名“仰天皮”可能是指地衣中的“地卷”或“肺衣”，也可能是苔类的“地钱”。而本草中的“石耳”可能是民间作为山珍的“庐山石耳”或称“美味石耳”。至于《本草纲目》中的“垣衣”和“屋游”则更可能是指藓类植物。

在清代，由赵学敏所著的《本草纲目拾遗》于1765年问世。在此，作者关于“雪茶”的描述是我国古代文献中有关地衣描述的最佳典范：“雪茶。出滇南。色白。久则微黄。”“出云南永善县。其地山高积雪。入夏不消。雪中生此。本非茶类。乃天生一种草芽。土人采得炒、焙。以其似茶。故名。其色白。故曰雪茶。”而“色白。久则微黄。”一语，确切地显示出作者所指者实为地茶（*Thamnolia vermicularis*），而非雪茶（*Th. subuliformis*）。但是，这两种地衣经常混生在一起。在我国古代文献中关于其他地衣的描述虽不如关于“雪茶”那样精辟，难以辨其为何种，但可识其大类。总之，我们的祖先早在古代就已将地衣作为草药而对人民健康做出过贡献。

传统地衣学时期相当于林奈后时期，从18世纪中叶至20世纪下叶。在这一时期的前半段，关于中国地衣的采集和研究，主要是由外国人进行的。第一个来中国进行地衣采集的外国人为瑞典的奥斯别克（P. Osbeck）。

林奈在他的第一版《植物种志》（1753）中描述的“37”种植物是1752年由奥斯别克

提供的中国标本。但是，其中没有地衣。后来，奥斯别克将采自中国的一种地衣命名为"*Lichen chinensis*"，即现在的中华大叶梅［*Parmotrema chinense*（Osbeck）Hale & Ahti］。

此后经过了约80年，自19世纪30年代(1830)至20世纪50年代(1950)有30多位欧洲人和日本人采集过中国地衣标本。

在19世纪末，意大利的吉拉底（G. Giraldi）在陕西秦岭进行过植物标本采集。其中19种地衣由巴罗尼(E. Baroni)于1894年发表。199种地衣包括11个新种由亚塔(Jatta)于1902年研究发表。法国人戴拉维(Abbe Delavay)于1882至1892年采自滇西北的地衣标本，由薛(Hue)于1885年定名为51种，包括新种8个，于1887年以"云南地衣"为题发表。薛于1889年又以同一题名发表了戴拉维于1886～1887年期间所采的88种中国地衣，含5个新种。戴拉维于1888～1892年所采集的其余中国地衣标本由薛分别于1898、1899、1900及1901年以"欧洲以外的地衣"为题所发表。这些地衣标本被保存于巴黎自然历史博物馆孢子植物实验室(PC)，部分标本保存于芬兰土尔库大学标本馆(TUR)。20世纪初，奥地利维也纳大学的植物学家罕德尔-马泽梯(Handel-Mazzetti)作为奥地利科学院来华考察队成员从云南、四川和其他省区采集了约850份地衣标本。这些标本由扎尔布鲁克奈尔(Zahlburckner)定名为430种，包括4个新属和219个新种，于1930年在罕德尔-马泽梯主编的《中国植物志要》第三卷以"地衣"为题发表。文中所引用的标本除了主要由罕德尔-马泽梯所采集以外，还有钟心煊于1929年采自福建的129份地衣标本，由洛克(Rock)采自云南，史密斯(Smith)采自四川、云南的部分标本，以及部分引自当时文献记载的中国地衣种类，计有717种，分属于117属。此外，由福勒（Faurie）及其他人采自我国台湾省的地衣标本由扎尔布鲁克奈尔定名为268种，内含112个新的分类群，于1933年发表。以瑞典海登（Hedin）为首的"中亚科学考察队"于1927～1935年在中国西北地区进行了考察。其中的地衣标本主要是由包林(Bohlin)于1930～1932年在青海和甘肃，以及休梅(Hummel)于1928～1930年在新疆及甘肃所采集的。此外，由诺莱（Norin）所采集的生长有地衣的部分地质岩石标本也作为地衣标本保存在瑞典斯德哥尔摩自然历史博物馆。所有这些地衣标本均由马格努松(Magnusson)定名后作为考察队出版物植物学组成部分以《中亚的地衣》予以发表，共记载地衣245种，其中新种142个。

中国植物学家采集并研究中国地衣主要是从20世纪20年代末至30年代初开始。钟心煊在福建，刘慎谔在香港、山东等地采集的地衣标本是中国人采集中国地衣标本最早的记录。随后，于1932年，钱崇澍发表了"南京钟山岩石植被"一文，内含15个地衣分类群。这些地衣标本是由美国地衣学家普利特(Plitt)所定名。这是中国植物学家所发表的第一篇关于中国地衣研究的论文。1935年，朱彦承以他自己定名的标本为基础发表了"中国地衣初步研究"一文。文中报道了39个种，13个变种。时隔23年之后，陆定安发表了"中国地衣札记1，地卷属"和"中国地衣札记2，石耳科"等论文。随后，赵继鼎、魏江春、王杨贞容、吴继农、赖明洲、陈锡龄、吴金陵、罗光裕、王先业、陈健斌、高向群、姜玉梅、郭守玉、曹瑞、钱之广、王立松、阿布都拉等，陆续发表了大量关于中国地衣研究的论文，从而开始了中国人研究中国地衣的新时期。现代地衣学时期是以形态学、地理学、化学相结合的中国地衣分类研究为特

点。在传统分类学时期虽然也使用显色反应进行地衣化学测定，但是比较精确的显微重结晶检验法（MCT）和灵敏度较高的薄层色谱法（TCL）在中国地衣分类研究中的使用及推广则开始于20世纪80年代初。关于西藏地衣的研究是这一时期开始的标志。此外，关于湖北神农架及台湾的地衣研究成果亦陆续问世。

自中国科学院中国孢子植物志编辑委员会于1973年成立以来，《中国地衣志》的全国性编前研究便陆续启动。马骥于1981～1985年分十次连续发表了第一部由中国人编写的《中国地衣名录》。该名录是关于中国地衣研究历史文献的汇总。由于其中的拉丁学名和地名缺乏必要的订正，因而，无法进行种属的统计。为了配合《中国地衣志》的编写及编前研究，魏江春于1973年着手《中国地衣综览》的编著工作。在对种、属学名及地名进行必要订正的基础上于1991年问世。《中国地衣综览》内含地衣1 766种，分隶于232属，是迄今收录种类最多、文献资料最齐全的中国地衣总汇，是《中国地衣志》编写工作的重要参考资料。

如果说20世纪30年代是中国人研究中国地衣的开端，那么《中国地衣志》的编写及出版是中国地衣学从无到有，并进入现代水平的第一个里程碑。

20世纪90年代初，在分子生物学的“聚合酶链式反应”（PCR）技术渗透于系统与演化生物学领域之后，地衣分子系统学研究在我国展开，为实验地衣学的兴起和快速发展，为地衣基因资源的开发提供了有利条件。近年来国内在地衣保育生物学的研究中也有明显进展。展望21世纪，地衣多样性的研究与保育，实验地衣学的兴起和发展，通过转基因技术进行地衣基因资源的开发与持续利用，可能是新世纪我国地衣学发展的特点之一。

参考文献

佐藤正己（Sato，M. M.）：关于中国地衣的文献（日文），*Res. Bull. Saito Ho—on Kai Museum*，13：215，1937。

马骥：中国地衣研究史，《北京林学院学报》，2：1，1981。

魏江春：《中国地衣综览》（英文），北京：万国学术出版社，1991。

（魏江春）

苔藓植物学

（Bryology）

苔藓植物学为以植物界苔藓植物门为研究对象、宏观与微观相结合的综合性多学科科学。

苔藓植物学成为一门包含各分支学科的科学经历了多个世纪的历程。中国在唐代的诗词和本草类书籍中开始有关于苔藓类植物的记述。国外在古希腊亚里士多德时期也已对苔藓植物有初步认识，苔藓植物的拉丁文Bryophyta即源自希腊文Bryum。1864年，当Braun提出此词时是把藻、菌、地衣类等包含在该词的术语范畴内。直至1879年，Schimper把Bryophyta一词专门用以指苔藓植物。1881年，Eichler则进一步以系统学观点把苔藓植物置于藻菌类和蕨类之间，从而确立了苔藓植物在整个植物界的系统位置。

世上第一本苔藓植物学专著应回溯至1932年，Fr. Verdoorn组织了当时世界苔藓植物学权威学者撰写了名为《苔藓植物学手册》（*Manual of Bryology*）的专著，内容涉及分类、形态、生理、生态和化石等8个分支学科，全面推动了该门科学的研究。1983～1984年由Rudolf Schustet任主编的包括11个分支学科的《新苔藓植物学手册》（*New*

manual of Bryology）的出版，成为苔藓植物学在20世纪发展所获得的成就的全面总结。

从学科发展阶段而言，苔藓植物学的形成大致分为三个时期：

1. *启蒙期*　始于朦胧和非科学的认识，经历了数百年之久。人们是由苔藓植物的生态习性和本草利用来认识的，在《格物总论》中的“苔生于地之阴湿处”系对苔藓植物最为生动的描述。在国外，最初对苔藓植物的认识也是极其粗浅而非系统性的，仅用于治疗肝病、作盖房的填充物以及造船用的绳索等。

2. *经典分类学期*　随着人们对苔藓植物的逐步利用和认识，系统的、科学的和纯分类的学术研究始于欧美后在全球范围内兴起，对苔藓植物在全球的种类、数量和分布状况有了初步认识。这一时期大致自19世纪中叶至20世纪30～40年代。主要经典苔藓分类著作和一些地区苔藓志均出版于这一时期。

3. *多学科发展阶段*　从20世纪中期起，对苔藓植物的研究进入了一个形态、细胞、生理、生态以及植物化学、大小化石等多学科发展阶段。这一阶段的特点是研究趋向综合性和系统性，宏观研究与微观研究相互结合。经历了一个世纪的长足发展，尤其是最近半个世纪的深入发展，苔藓植物学已形成了15个分支学科。从内在遗传特点、生理机制、化学内含物及分类、形态、生态习性，由孢子至古化石和地理分布类型等，基本上揭示了苔藓植物作为一大类群各方面的生物学性状和机制。

分类学（Taxonomy）为苔藓植物学最基本和最早产生的一个分支学科。1753年，在林奈发表的《植物种志》（*Species Plantarum*）中记载了苔类的6属和39种以及藓类的8属和103种，系采用双命名法后对苔藓植物首次系统报道。但学者们一致认可的1801年由Hedwig撰写的《苔藓植物种志》(*Species Muscorum Frondosorum*)和1844～1847年Gottsche、Lindenberg和Nees的《苔类大纲》(*Synopsis Hepaticarum*)分别为藓类和苔类植物分类的基础起点。现苔藓植物共包括：苔纲Hepaticae、角苔纲Anthocerotae和藓纲Musci三大类，全世界已知有23 000种。

在过去一个半世纪历程中，苔类植物的系统主要包括Schiffner系统（1893～1895）、Verdoorn系统（1932）、Evans系统（1939）、Mueller系统（1951～1954）、Reimers系统（1954）、Schuster系统（1958～1963）和Hattori系统（1970）等，它们之间的差别在于亚纲和目的变更，而最关键的是Schuster后来在《北美苔类和角苔类志》I～VI（1966～1992）巨著中把角苔类提升至与苔纲Hepaticae相并列的角苔纲Anthocerotae，从而使苔藓植物包含有三大类。

藓类植物的研究起步早，但直至19世纪末期的Limpricht系统（1885～1903）中才划分为泥炭藓目Sphagnales、黑藓目Andreaeales、无轴藓目Archidiales和真藓目Bryales。迄今，最普遍为学者们接受的藓类系统为Bropherus在《植物自然科属系统》中提出的，即在藓纲下再划分为泥炭藓亚纲、黑藓亚纲和真藓亚纲，而在真藓亚纲内保留顶蒴藓类Acrocarpae、侧蒴藓类Pleurocarpae两大类。此系统被广为使用长达半个多世纪。由国人提出的惟一的藓类系统见于陈邦杰主编的《中国藓类植物属志》上、下册（1963，1978）中。日本著名苔藓植物学家服部新佐曾给予很高的评价，认为此系统是一个富含新观点的系统。1980年，Crosby在“藓类植物的多样性与亲缘关系”一文中提出一个明显反传统观念和具有标新的观点（系统），他

认为黑藓亚纲 Andreaeidae 系藓类中最原始的类群。然而，Vitt 在“藓纲植物分类”一文中把单层蒴齿的藓类作为最进化的类型，并描绘出一个系统演化图，为深入研究藓类植物奠定了重要的基础。

形态学：苔藓植物配子体的茎、分枝形式、叶及组成叶片不同部位的细胞是认识和区分苔藓植物各大类及种的基础。孢子体的性状，包括雌雄苞着生、包蒴开裂形式、蒴壁构造及其内在和外部细微特征亦是苔藓植物形态学基础的两大组成部分之一。最近20年来，对一些细微的性状观察的深化，推动了对苔藓植物的进一步认识，其中茎的中轴组织、茎结节中肋厚壁组织和假根等已被认为是形态学上的重要特征。孢子形态学 (Spore morphology) 随着孢子形态和类别在苔藓植物中的划分，以及萌发孔、饰纹及孢壁观察的深化，孢子形态学已成为一门独立的学科。甚至，对一些属内种的识别如小叶苔属 *Fossmbronia* 和小立碗藓属 *Physcomitriella* 等的主要依据是孢子形态。在苔类植物中，分类依据除了孢子形态以外，还有弹丝 (elater) 形态。细胞学：1917 年，植物的性染色体首次由 Allen 在苔类的杜氏囊果苔*Sphaerocarpos donnellii* 中发现，迄今已研究了约1 800 种苔藓植物（占全世界种数约 15%）的染色体。总的规律是苔纲 Hepaticae 植物的配子体 n=8～10，角苔纲 Anthocerotae n=6，而藓纲Musci 植物染色体基数n=5，6，7 及其倍数。迄今，苔藓植物最低的染色体数目为藻苔 *Takakia lepidozioides*，n=4，最高数为世界广布的泛生墙藓*Tortula muralis*，n=52。从核变化而论，苔类染色体基数主要在目和科的分化，而藓类则反映在属和种的水平。生理生化学：为苔藓植物学中较薄弱的分支学科。从苔藓植物的基本代谢途径是由 C_3 光合碳还原循环和 C_3 氧化循环构成可表明苔藓植物属于 C_3 植物。分子生物学：植物中叶绿体基因组全部基因核苷酸序列首先是在全世界广布的地钱*Marchantia polymorpha* 中发现，已有128个基因被测得，并可排列出 rRNA 基因、tRNA 基因、RAN 多聚酶基因、核糖体蛋白基因、光合作用基因和根据氨基酸序列预测的基因等。生理生态学：与其他植物类群相同，光、温度和湿度是影响苔藓植物生长的主要因素。在荫蔽条件下苔藓植物可表现出与维管束植物相反的特征，光合色素包括叶绿素、胡萝卜素和叶黄素都可以合成。与维管束植物相似，苔藓植物依其对日照长短的反应而分为长日照植物及短日照植物。一般在极地和温带地区苔藓光合最适温度为5 ℃～20 ℃。湿润状态下苔藓一般可在50 ℃以下温度范围内生长，而在干燥状态下具更强适应极端温度的能力。植物化学：凡被子植物中所含的次生物质在苔藓植物中均已有所发现，其中包括生物碱、黄酮、萜类、糖类、脂类和酚类化合物等。苔类和藓类在含有黄酮类化合物方面有明显差别，藓类以游离甙元和O-甙占优势，而苔类中以O-葡糖醛酸甙等为主要成分。苔类中多存在油体，而藓类和角苔类完全缺乏油体。除少数属外，苔类几乎不存在生物碱。然而，苔类中的单萜类化合物与其他高等植物中发现的倍半萜类化合物相似。繁殖生物学：繁殖方式在苔藓植物中包括无性生殖和有性生殖。有性生殖通过受精产生孢子是苔藓植物进行繁衍的重要手段。无性繁殖在苔藓植物中却甚为广泛，除原丝体产生新植株外，芽胞、配子体碎片和假根等均可形成新一代植株。它们的雌雄同株或异株及与环境间关系存在极其复杂的因素，有待长期观察研究。组织培养：探索苔藓植物的生长、发育以及繁衍与环境条件间的关系长期以来是通过组织培养方式进行研

究。最常用的培养液Beneeke 溶液和Knop 溶液分别用于苔类和藓类。植物群落学：在林区尤其是温带森林内，常存在大片单一苔藓种类的群落，并往往与上层主要树种组成以苔藓植物命名的群落。群落的组成涉及对环境适应能力的竞争、养分循环、分类和排序，最终反映其演替趋向。环境科学：苔藓植物对不同生境基质的内含物和pH 的差异的反应灵敏，以至成为指示植物。由于苔藓植物本身构造特点，不仅对重金属含量可清晰反映，亦可显示大气中SO_2、HF 等污染的程度，已被用于绘制城市污染分布图，是被推荐作指示植物中仅次于地衣的最敏感类型，这种特殊的敏感性远远超过绝大多数高等植物。化石学：包括大、小化石两大类，就苔藓化石的研究已成为判断各大类起源不同时期的重要依据。1925 年被认为是苔藓植物研究新纪元的开始，石炭纪苔藓首次被发现。1961 年，Hueber 从上泥盆统地层中发现迄今所知最早叶状体苔类*Hepaticites devonicus*。后来，在石炭纪地层中发现了类似于钱苔属*Riccia*、爪哇苔属*Treubia* 和叉苔属*Metzgeria* 等化石。最早藓类化石，出现于石炭纪的*Muscites polytrichaceus* 无疑是金发藓类。1958 年，Neuburg 在原苏联境内发现保存良好的原始泥炭藓目 Protosphagnales 和古瑰藓*Vorcutannularia plicata*。70 年代，在挪威和中国云南分别发现了古孢子体 Sporogonites 植物。目前，苔藓植物各大类植物均已有所发现，最早可溯及古生代，为苔藓植物起源提供了最有力的依据。区系与植物地理学：随着地区、地理位置、海拔高度和生态环境的差异，苔藓植物在各地区形成了相应的区系成分。以世界各大区而言，欧亚大陆的苔藓区系具相同的温带成分，亚洲地区的东部受喜马拉雅山系影响，形成不少特有属和种。在亚洲南部则以热带成分为主。南极为独特的区系类型，目前至少已发现70 种以上的苔藓植物，冰雪及强风长期影响使苔藓植物在外部形态及构造上产生趋同性，但泛北极成分由于在北半球广泛分布而在形态上产生差异。苔藓植物在世界各地的分布形成了相应的地理分布类型。这种分布格局目前被认为与大陆板块学说的阐述相一致。

中国的苔藓植物学　从严格的时间限度衡量，中国是全球范围内较早开始认识和接触苔藓植物的地区，然而系统地开展中国苔藓植物研究起始于20 世纪的40 年代。1955 年是中国苔藓植物学进入现代行列的分界线，陈邦杰作为中国苔藓植物学的奠基人在南京受中国科学院植物研究所和南京师范学院生物学系联合支持，开办了中国苔藓植物训练班，首批科研院所和高校10 名年轻学者接受了专业训练，成为积极推动苔藓植物学在中国开展的骨干。《中国藓类植物属志》上、下册（陈邦杰主编，1963，1978）和《中国高等植物图鉴》第一册《苔藓植物门》（中国科学院植物研究所主编，1972）的出版推动中国苔藓植物研究进入一个极为活跃的时期。一些地区的苔藓志，如《东北藓类植物志》、《秦岭植物志》第三卷《苔藓植物门》和《东北苔类植物志》随之出版。进入20 世纪80 年代，中国科学院大规模组织西藏和横断山区综合考察工作，在长达7 年考察期间，共采得苔藓标本8 万号以上。中国科学院昆明植物研究所和中国科学院植物研究所分别组织全国大协作，出版了《西藏苔藓志》（1985）和《横断山区苔藓志》（1999），揭示了“世界屋脊”及由于喜马拉雅山系抬升形成的独特的横断山区苔藓植物的奥秘。在此期间，1973 年中国孢子植物志编辑委员会成立，随后中国科学院国家自然科学基金会及国家科技部资助中国动物志、中国植物志和中国孢子植物志的研究，《中国苔藓志》作为《中国

孢子植物志》组成之一获得极大进展，半数中国藓类志已完成出版或即将出版。

1980 年，中国的苔藓植物学“大门”向国外开放，首位国际著名苔藓植物学家 A. Touw 博士访问中国北京等地，促使中国苔藓植物学研究与国际化接轨。1991 年，中国植物学会批准成立苔藓植物专业委员会，1992 年夏于北京召开中国第一届苔藓植物学会议，并在1993 年8 月以中国苔藓植物学奠基人陈邦杰为名的*CHENIA*（中文名《隐花植物生物学》）发刊，“有助于中国孢子植物学研究水平的提升，并引导中国苔藓植物学在开创半个世纪后进入一个更高研究水平的新时期”。1997 年8 月，在北京首次召开由中国苔藓植物学家主办的 4 年一度的苔藓植物学国际讨论会，赴会中外代表达百余位。1998 年，包括 17 章涉及 15 个分支学科的《苔藓植物生物学》问世，标志着中国苔藓植物学研究工作进入第三个发展阶段，这一时期将是《中国苔藓志》包括中、英文两个版本编撰全面开展和完成时期，也将是由分类学至分子生物学、从古化石至植物地理学分别深入发展并相互联系的综合性研究时期。中国苔藓植物学在落后于国际近一个世纪之后，经半个世纪的努力已走向成熟。21 世纪将是中国苔藓学家努力使中国苔藓植物学研究赶上国际水平，并更积极显示中国苔藓植物“特色”的新纪元。

参考文献

陈邦杰等：《中国藓类植物属志》（上、下册），北京：科学出版社，1963、1978。

胡人亮：《苔藓植物学》，北京：人民教育出版社，1986。

吴鹏程：中国苔藓植物研究的回顾与展望，*CHENIA*，1：1～6，1993。

Wu，P. C.：Fifty years of Chinese bryology. *Journ. Hattori Bot. Lab*，56：29～38，1984。

吴鹏程：《苔藓植物生物学》，北京：科学出版社，1998。

（吴鹏程）

蕨类植物系统学

(Systematics of Pteridophyte)

蕨类植物系统学是研究蕨类植物各类群的历史起源和相互间的亲缘关系及其进化程序，从而为人类管理、开发、利用其资源提供依据的一门学科。现代蕨类植物是介于苔藓植物和种子植物之间的一类具有根、茎、叶及维管组织分化以及具有能各自独立生活的孢子体和配子体两种世代交替的植物。它是一类历史古老、庞大而关系错综复杂的植物群。自1940 年秦仁昌发表“水龙骨科的自然分类”一文以来，世界蕨类学界对其的系统研究有如雨后春笋般活跃，发表了不少大大小小的系统，如E. B. 科勃兰特（Copeland）1947，1964；R. C. Ching 1954，1978；R. E. 霍尔通（Holttum）1956，1971，1990；M. Tagawa 1959；R. E. G. 匹契塞莫里（Pichi Sermolli）1958，1977；B. K. 纳雅（Nayar）1970；J. A. 克雷布（Crabbe），A. C. 杰米（Jermy），J. T. 米歇尔（Mickel）1975 等等。80 年代开始，荷兰乌特勒支大学组成了以E. 赫利普曼（Hennipman）为首的水龙骨科系统研究课题组。到90 年代，先后出版了鹿角蕨 *Platycerium*（Hennipman & M. C. Roos，1982）、槲蕨亚科Drynarioideae（M. C. Roos，1985）、石韦属*Pyrrosia*（P. Hovenkamp，1986）、棱脉蕨属 *Goniophlebium*（G. Goedl-Linder，1990）和星蕨属 *Microsorum*（M. Bosman，1991）的 5 本专著。但由于世界经济的不景气，这一基础学科课题因得不到资助而中断。随着各分支学科的发展，秦仁昌发表的一些新科陆续得到承认，不同程度地反映在一些国家的植物志

中。如 B. S. Parris 在其重编 Hooker 的 *Icones Plantarum* 第40卷，第4册《有关东亚禾叶蕨科的一些种》一书的前言中指出：禾叶蕨科被秦仁昌从水龙骨科分立出来近50年，今天除了极少作者如 Tryon 和 Proctor 外，已一致承认这是一个独立的科。但这并不意味着蕨类学界对蕨类系统已经有了大致的共识，在一些科的排列和科以下的分类，甚至在纲的排列上仍然存在着不同的意见。如前面所提到的棱脉蕨属和星蕨属两本专著，前者将秦氏系统中的*Schellolepis* J. Sm.、*Polypodioides* Ching、*Polypodiastrum* Ching、*Metapolypodium* Ching 合并为 *Goniophlebium*，以和分离脉的 *Polypodium* 相区别；而后者则是将线蕨属 *Colysis*、薄唇蕨属 *Leptochilus*、扇蕨属 *Neocheiropteris* 和瘤蕨属 *Phymatosorus*（即 *Phymatodes* 和 *Phymatopsis*）以及*Diblema*、*Dendroconche* 两个产于菲律宾的小岛上的小属并在一起。

1990 年，K. Kubitzki 主编的《维管植物科属志》，第一卷的《蕨类植物门》由瑞士K. U. Kramer 编撰，其中一些科分别由欧、美、日各有关学者执笔。它代表了近20年来世界蕨类学界各种分类观点的综览。

该书将蕨类植物分为裸蕨、石松、楔叶蕨和真蕨4纲，将传统的水韭纲和石松、卷柏并列为石松纲下的科。在裸蕨纲下的松叶蕨科亲缘关系的讨论中提到，长期以来松叶蕨被认为是拟蕨类的原始类型，而近年来一些研究结果表明其有些特征和真蕨相近。如叶子早期的个体发育情况、配子体、多鞭毛精子、假根和孢子囊的特征以及松叶蕨孢子结构和壁的形成都和真蕨相似。因此Tryon 认为可将之放在真蕨纲下作为亚纲。而W. H. Wagner 认为，松叶蕨毕竟与真蕨分歧太远，应该以其本身的特征作为一个纲。秦仁昌1978 年把裸蕨亚门放在拟蕨类的末尾，靠近真蕨亚门，意图即在此。

Kramer 在真蕨纲下列有33个科，其中除产于中南美洲的3个科 Lophosoriaceae、Loxomataceae、Metaxyaceae 外，和秦氏系统比较有以下不同：

将石杉科 Huperziaceae 归入石松科 Lycopodiaceae，七指蕨科 Helminthostachyaceae 和阴地蕨科 Botrychiaceae 归入瓶儿小草科 Ophioglossaceae，观音座莲科 Angiopteridaceae 和天星蕨科 Christenseniaceae 归入合囊蕨科 Marratiaceae，海金沙科Lygodiaceae 以及主产于美洲的 *Anemiaceae Link* 和非洲的 *Mohriaceae Reed* 并入莎草蕨科 Schizaeaceae，碗蕨科 Dennstaedtiaceae 包括蕨科 Pteridiaceae、鳞始蕨科 Lindseaceae 和姬蕨科 Hypolepidaceae，光叶藤蕨科 Stenochlaenaceae 并入乌毛蕨科 Blechnaceae，车前蕨科 Antrophyaceae 并入书带蕨科 Vittariaceae，雨蕨科 Gymnogrammitidaceae 并入骨碎补科 Davalliaceae，实蕨科 Bolbitiaceae 和舌蕨科 Elaphoglossaceae 归入藤蕨科 Lomariopsidaceae，而剑蕨科 Loxogrammaceae、鹿角蕨科 Platyceriaceae 和槲蕨科 Drynariaceae 则并入水龙骨科 Polypodiaceae。

其他，如凤尾蕨科Pteridaceae 下设6个亚科：Platyzomatoideae（产于澳大利亚），Ceratopterioideae，Taenitidoieae，Cheilanthoideae，Andiantoideae，Pteridoideae。它包括秦氏系统的水蕨科 Parkeriaceae、中国蕨科Sinopteridaceae、卤蕨科 Acrostichaceae、铁线蕨科 Adiantaceae、裸子蕨科 Hemionitidaceae 和 Pichi Sermoli 系统的 Negripteridaceae、

Platyzomataceae、Actiniopteridaceae、Taenitidaceae、Cryptogrammaceae 以及 Nayar 系统的 Cheilanthaceae。

鳞毛蕨科 Dryopteridaceae 下分两个亚科。将叶柄具3个以上维管束、排列成圆形、孢子无叶绿素的包括在鳞毛蕨亚科 Dryopteridoideae，下分 Rumohraeae、Dryopterideae、Tectarieae 3个族。其成员包括了鳞毛蕨科 Dryopteridaceae、球盖蕨科 Peranemataceae 和三叉蕨科 Tectariaceae（即秦氏系统的 Aspidiaceae）。而将叶柄具2个带状维管束、向上汇合成槽形、孢子有或无叶绿素的归入蹄盖蕨亚科Athyrioideae，下分Physematieae 和 Onocleeae 2个族，包括了秦氏系统的蹄盖蕨科Athyriaceae、肿足蕨科 Hypodematiaceae、球子蕨科Onocleaceae 和岩蕨科 Woodsiaceae。

金星蕨科Thelypteridaceae 自秦仁昌的亚洲大陆金星蕨科新分类系统（1963）和R. E. 霍尔通的东半球的金星蕨科系统（1971，1982）发表之后，A. R. 史密斯也发表了不少有关该科的文章。在《维管植物科属志》中，一反秦氏和霍氏，特别是霍氏分属过于细小的观点，将金星蕨科分为5个属。除了卵果蕨属 *Phegopteris*、针毛蕨属 *Macrothelypteris* 和紫柄蕨属 *Pseudophegopteris* 外，将具分离叶脉、有网状纹饰孢子的归入沼泽蕨属 *Thelypteris*，沼泽蕨属下分6个亚属：沼泽蕨属 *Thelypteris*，金星蕨属 *Parathelypteris*，假鳞毛蕨属 *Lastrea*，凸轴蕨属 *Metathelypteris*，*Coryphopteris*，*Amaropelta*。而将叶脉多数，侧脉在弯曲处相遇或在缺刻下联结成一至多对网眼，孢子具翅状、瘤状和刺状纹饰的种类归入毛蕨属 *Cyclosorus*。毛蕨属下分20个亚属：*Cyclosorus*，*Ampelopteris*，*Mesophlebion*，*Steiropteris*，*Goniopteris*，*Meniscium*，*Menisorum*，*Abacopteris*（下分 *Abacopteris*，*Dimorphopteris*，*Menisciopsis*，*Grypothrix* 4个组。其中*Abacopteris* 包括 *Pronephrium* 和 *Haplodictyum*），*Sphaerostephanos*，*Stegnogramma*（包括秦氏系统的 *Leptogramma* 和 *Dictyocline*），*Glaphytopteris*，*Pelazoneuron*，*Cyclosoriopteris*（异名 *Christella*），*Amphineuron*，*Cyclogramma*，*Pneumatopteris*，*Pseudocyclosorus*，*Trigonospora*，*Chingia*，*Plesioneuron*。这一分类在某种程度上是秦氏和霍氏两系统的变种。

铁角蕨科，至少有10个左右、过去被多数人承认的属被并入惟一的铁角蕨属 *Asplenium* 中，使这个科成为有700多个种的单属科。

鳞毛蕨亚科中的耳蕨属 *Polystichum* 包括了 *Cyrtomium*、*Phanerophlebia*、*Cyrtogonellum*、*Cyrtomidictyum*、*Plecosorus*、*Papuapteris*、*Acropelta*，当然也包括秦氏系统的 *Phanerophlebiopsis* 和 *Sorolepidium*。尽管产于西半球的 *Phanerophlebia* 属，其中个别种的叶脉具有少数网眼，可以和东半球的*Cyrtomium* 合并为*Cyrtomium*，但它在叶形、叶脉和孢子囊群排列上显然不同于耳蕨属。Kramer 认为这两属分别自*Polystichum* 衍化而来。他还认为耳蕨属和鳞毛蕨属非常相似，只是因为有杂种出现以及孢子周壁结构支持将两属分开。在蹄盖蕨亚科中，将 *Lunathyrium* Koid.（1932）、*Dryoathyrium* Ching（1941）、*Athyriopsis* Ching（1964）和 *Parathyrium* Holttum（1959）归并到繁殖器官位置不稳定的*Deparia* Hook. et Bak.（1829）。仅产于夏威夷的*Deparia* 属，Copeland 在1947年就指出它不具有一个属的合适标准。因为它的孢

子囊群在同一叶片上存在多种着生形式，或生于侧脉顶端而突出叶缘之外呈碗状（属就是根据这一特征建立的），或生于叶缘内的侧脉下部而具长圆形的盖。连 M. Kato 自己也认为它是*Dryoathyrium* 和*Lunathyrium* 两属的假定杂交产物。如果是因为命名法的优先权问题，那也只能采用 S. Kurata 1961 年的意见，以 *Lunathyrium* 来包含其他属，而将 *Deparia* 合并到 *Athyrium*，或像秦仁昌一样将之列入蹄盖蕨科作为一个属。

总之，近十多年来的蕨类植物系统研究，除了一些公认的类群外，趋向于重新探讨各类群间的内在共性，避免人为的分割。这对寻求一个更自然的系统是有益的。

参考文献

Ching，R. C.：*Acta Phytotax. Sin.* 16（3）：1～19；16（4）：16～37，1978。

Copeland，E. B.：*Genera Filicum*，Chronica Botanica Co.，1947。

Kato，M.：*Journ. Fac. Sci. Univ. Tokyo*，13：375～425，1984。

Kramer，K. U.：In：Kubitzki，K.（eds.）：*The Families and Genera of Vascular Plants*，Springer-Verlag，Berlin Heidelberg Lugarden，B. Grana，8：145～165，1990。

（邢公侠）

中国蕨类植物的科属系统和历史来源

（The Chinese Fern Families and Genera Systematic Arrangement and Historical Origin）

秦仁昌于1978 年在《植物分类学报》16卷3、4 期发表了一篇蕨类植物系统学专论。现有的化石资料表明裸蕨类植物在志留纪—泥盆纪初期已成为第一个陆生植物群，经过漫长岁月的适应、分化和发展，到晚泥盆世才出现其他蕨类植物，其中一些如石松类的鳞木目和楔叶类的古芦木属等，不但有了根、茎、叶的分化，维管组织中还出现了形成层，成为当时最早的高大乔木。随着地壳的变迁，一些高大的乔木被埋在地层深处，成为今天人类利用的煤炭；一些难以适应当时环境的植物被淘汰，留下来的则是今天众多的绝大多数草本的蕨类植物类群。一般将它分为拟蕨和真蕨两大类。前者为小叶型蕨类，叶通常不发达，单一、不分裂，有的退化成鳞片或膜质状，无复杂的叶脉系统，孢子囊通常生于孢子叶的叶腋内；后者多为大叶型蕨类，叶大都分裂，有复杂的叶脉系统，孢子囊通常成群生于叶背的叶脉的囊托上。面对这一群历史古老的植物，研究其错综复杂的亲缘关系，建立一个比较自然的系统，对人们开发和利用是一个重要的环节。

最早出现的是 1836 年 C. 普莱氏（Presl）系统，他将真蕨共分为13 科，16 族，1845 年增加6 个科，9 个族。这是19 世纪一个较清晰的系统。但1844～1864 年虎克（W. J. Hooker）将真蕨类植物分为11 科，其中水龙骨科分为2 亚科。1865～1868 年虎克和贝克（W. J. Hooker & J. G. Baker）将真蕨分为6 科，其中水龙骨科按孢子囊群有盖与否分为2 个亚科，下分13 个族，这个科几乎包括了85％的真蕨种类。其后的其他系统很大程度上和虎克的多少近似。1938 年C. 克利斯滕森（Christensen）在*Index Filicum* 一书中，将真蕨分为厚囊蕨和薄囊蕨两个纲，前者包含瓶儿小草和观音座莲两个目，后者包含真蕨和槐叶苹两个目。真蕨目下分15 个科，其中水龙骨科下分15 个亚科，有些亚科下再分族。虽然这一系统已有很大的进步，但对真蕨目而言，还很难说是自然的。秦仁昌在1940 年将传统的水龙骨科分为33 科，1954 年发表了第一个中国蕨类植物系统之后，又于1978 年将他数十年的研究心得汇集成文。

和1954年的系统相比，不是将蕨类植物门分成裸蕨、石松、水韭、木贼和真蕨5个纲，而是分别将之提升为5个亚门，并将松叶蕨亚门（即裸蕨亚门）放在木贼亚门和真蕨亚门之间，其主要论点是蕨类植物在进化上，并非像过去一些系统所表示的，好像真蕨类是由拟蕨类发展而来的。从拟蕨类的多种形态发育模式来看，它们在历史上是各有其发展路线的，因而它们应该以亚门的地位和真蕨并列在蕨类植物门中。近年来解剖学和繁殖生物学的研究表明，现存的古老裸蕨类松叶蕨的许多特征，如叶子早期个体发育、地下生的圆柱形配子体、多鞭毛的精子、假根和孢子囊等也分别在真蕨中发生；其孢子结构和壁的形成也和真蕨相似。1990年，Tryon认为可以将之放在真蕨纲下作为一个亚纲。W. H. Wagner认为，松叶蕨毕竟与真蕨分歧太远，应该以其本身的特征作为一个独立的纲。秦仁昌的这一系统因集毕生研究心得，并吸收国际有关学科的研究成果而为全国植物标本馆所采用，并于1989年获中国科学院自然科学一等奖，1993年获国家自然科学一等奖。

（邢公侠）

植物资源学

(Plant Resources)

一、植物资源与人类

人类离不开自然环境，自然环境孕育着人类，这是众所周知的事实。其中，植物资源是组成人类生存的重要物质基础之一，人类的衣、食、住、行几乎都与植物资源有着密切的关联。但是人类对植物资源的认识是随着生活的进程而渐进的，因此，各历史阶段，由于人们认识和利用程度的不同，植物资源中可资人类利用的植物种类也不同。资源植物是一种相对的概念，现阶段已被人们认识到其用途的统称之为资源植物。但实际上植物界蕴藏着很多目前人类尚未认识、尚未开发利用的植物资源。通过技术手段的发展，以及人类生活的丰富，发挥植物中为人类可利用的潜力，这就是我们对植物资源学所赋予的含义。

二、植物资源学的定义、对象与任务

植物资源学是研究从自然界发掘更多的资源植物的一门学科。它以植物分类学为基础，充分了解民间利用的各方面，加以总结或提高，并根据植物分类学与系统学的知识，从其亲缘关系相关的种类中去发掘更多可发挥其潜力的资源植物。在此基础上，定性、定量地研究植物中有用物质各项参数，查清植物生态环境及其与环境的相互影响、分布及蕴藏量、可利用部位的生物量，并提出其可持续利用的策略，使该种植物资源既能开发利用又能得到充分保护。

植物资源学是这样的一门学科，它的对象是地球上所有存在的植物种类，包括已被人们开发利用的和尚未被人们开发利用的各种植物。

它的研究内容十分广博，但其中心内容包括三方面：

1. 研究资源植物的类型和分布；
2. 资源植物的理化成分和经济价值；
3. 植物资源的开发、利用和保护。

植物资源学的研究内容决定了它实际上是一门综合性的应用植物学，它的研究方法是借鉴于植物学各学科的研究方法整合而成，随各分支学科的研究技术的推进而发展。

三、植物资源学与植物学其他学科的关系

植物资源学的对象与任务决定了它与其他分支学科有着密切的关联，不仅如此，它与其他相应学科也有着因果和内在与表征的关系。例如，药用植物的研究，必然涉及医

学、药学和药理学等；食用植物的研究必然与营养学和食品加工及制造学相关联；工业用品的开发就要有关于各门类的工业如轻工业、日化工业等的知识；要开发新的园林植物或环保树种就要涉及园艺、农林、景观等方面。因此，它离不开人类所涉及的方方面面。但就理论上来说，它与植物学的各分支学科更是息息相关。

因此，植物资源学的具体对象是植物，所以对植物的认定以及它们的亲缘关系的探索是必不可少的；由于它研究的是植物内某一部分或某一器官可否为人类所利用，这样，其化学成分、生理特性、组织、细胞等的形态与品质等的研究也属必要。植物的生长并非孤立的，它与其他植物种群及自然地理环境之间相互关系的认识，以及它在我们所涉及的范围内的蕴藏量也是需要知道的前提。它与植物分类及系统学、植物生态与地植物学、植物生理学、植物细胞学、植物形态与解剖学、植物化学以及植物栽培学等都有着因果渊源和互为手段不可分的关系。

植物可被人类利用的各种特性都是由植物内在的种质决定的。目前人类所拥有的作物，包括粮食作物和经济作物，都是长期以来由原始存在的各种野生状态的种质选育而来。为了选育、改良植物的特性，必然要研究植物的种质资源，这将是一门崭新的学科。

四、我国植物资源的历史

1. 古代描述及发掘阶段

由于植物资源一直是人类赖以生存的物质基础，因此，人类为了了解可用的植物资源，不断地对它们进行研究，各种各样的著作流传后世。我国古代也不例外，出现了很多直至现在还很有价值的文献。集周朝至春秋时期民间诗歌于大成的《诗经》里已记载了一百多种植物的采集和利用；东汉末年《神农本草经》中记载了药用植物252种，这表明中华民族特有的古本草学已粗具规模；至公元5世纪前后的《齐民要术》更是当时集经济植物之大全，它不仅指出了用途，而且还包括提取的工艺，如制糖工艺和提取原料的工艺；至唐宋之间成书的《新修本草》可谓我国历史上第一部国家药典。其他历代关于植物资源方面或涉及植物资源方面的书更是不胜枚举。据不完全统计，以《农政全书》、《齐民要术》等书为代表的关于农业、果蔬及经济作物方面的著作有24部，以《本草纲目》为代表的各种本草著作有43部，有关花卉园艺方面的著作约有24部。这些著作均对我国利用植物资源的历史做出了详细的记载和不朽的贡献。

2. 近代的发展和大规模的植物资源调查阶段

在50年代之前，没有形成“植物资源”这一概念，有关此类研究也极为分散，如1903年虞冀祖发表了“有用植物和有毒植物述略”一文。1915～1921年间，吴云间、陈寅和杜嘉瑜等发表了若干有关植物有用成分及有毒成分研究的文章。此外，各地商检局等单位对植物挥发油、油脂、茶叶、酒类和单宁等都有分析。总的来说，当时，囿于时局以及科学技术的发展水平，发展极为缓慢。

中华人民共和国的成立，标志着我国科学事业的新起点。建国初期，国民经济迅速恢复和社会主义建设的发展，迫切需要开展植物资源的普查和应用研究，教学部门也为有关队伍的建设开展了培训工作。1954年北京大学生物学系沈霭如根据当时苏联的一些文献首先开设了植物资源学课程。后来，云南大学生物学系也设立了植物资源专业。

1958年4月，国务院发出《关于利用和收集我国野生植物原料的指示》，开始了大规模的植物资源的普查和有用成分分析，全国以各地区植物研究单位和商业部为主，组织

大专院校和轻工业部门约三万余人初步摸清了我国野生植物资源分布情况和蕴藏量，提出了一大批有经济价值的化工原料和进口代用品，并由52个单位协作编写《中国经济植物志》上、下册，内容包括有经济价值或发展前途的原料植物2 411种，其中纤维类468种，淀粉及糖类278种，油脂类430种，槿料类301种，芳香油类320种，树脂及树胶类25种，药用类466种，土农药类50种，其他43种。后来，较大规模的调查是在1966年开始的关于中草药群众运动，编写了《全国中草药汇编》，大大发扬了我国传统医药，也发掘了为数众多的民间草药，并把它们提高到现代技术水平上加以研究。在政府重视、各方面团结协作下，各种地方经济植物志、中药志、药用植物志、油料植物、造纸植物和有毒植物等各类有关植物资源方面的书籍如雨后春笋般地出版，大大地推动了我国植物资源学的发展。

3. 发现和发明阶段

通过大规模的植物资源调查，我国科学工作者发现了不少有利用价值的植物，其中有较突出应用价值和有显著经济效益的发现有：

（1）芳香植物山苍子的发现，不仅解决了我国对柠檬醛的需要，还可大量出口。

（2）在海南岛和云南，橡胶的引种和栽培。

（3）萝芙木的发现解决了降血压药物利血平的来源，打破了国外对利血平的垄断。

（4）薯蓣资源的发现，挖掘出可利用于合成可得松和避孕药的原料。

（5）利用橡碗、化香、红根、地榆和菝契等资源提取栲胶，解决了原料来源。

（6）田菁胶的发现很大一部分代替了进口的瓜尔胶，可作为石油工业上基压裂液的原料，大大提高了石油的产量。

此外，还有很多药物如美登木、喜树碱、三尖杉酯碱、蜕皮激素以及工业试剂桑色素等在我国植物资源中的发现，均创造了巨大的经济效益和社会效益。

其中值得特别指出的是：

（1）野生稻雄性不育株的发现

1970年袁隆平的研究小组在海南岛崖县找到了野生稻的雄性不育株，为我国培育杂交水稻打开了突破口。1973年实现了三系配套，1974年选配出强优势杂交水稻组合，并试种成功，1975年攻克制种技术，1976年开始大面积推广，这是我国的一大发明，超过了国际上虽有研究而从未应用于生产的水平。

（2）抗疟药青蒿素的发明

1977年屠呦呦等在我国野生植物黄花蒿（*Artemisia annua*）中发现青蒿素（Arteannuin或Artemisinin，Qinghaosu），并制成一种高效、速效的抗疟药，对间日疟特别是对脑型疟有良效，挽救了很多垂危病人，后来研制出的蒿甲醚，为我国独创的高效、速效、低毒的抗疟药，这是我国对世界医药学做出的重要贡献。

在此阶段，我国还开发出很多野生植物资源用于果品饮料、蔬菜、观赏和药物等方面，如沙棘、文冠果、紫萁（薇菜干）、金花茶、绞股兰等。

五、植物资源的合理利用与保护

植物资源是人类生存与发展必不可少的物质基础，但是，随着人口的快速增长和工业革命的加速，社会生产力不断提高，人类对植物资源的开发利用进入了一个新阶段，使人类将自身置于大自然的对立面，对自然界的开发改造的同时忽略了保护，因此，使地球上的森林减少了，草地遭到了破坏，物种遭到了灭绝。据国际自然与自然资源保护组织数据库1986年的材料，全世界已有

16 100种植物被列为濒危种，而且，每年都有增加。为此，国际自然与自然资源保护联盟于1980 年发表了《世界自然资源保护大纲》，提出保护基本生态过程和生命维持系统，保证生态系统和生物物种的持续利用，保存遗传多样性。我国也参加了这一活动，并积极地制定了各项措施，在各地建立了各种类型的自然保护区，发表了《国家重点保护植物的红皮书》。但是，植物资源的合理利用与保护问题在我国远未解决。虽然我国森林覆盖率急剧下降的趋势正在被扼止，但是，大型工程所造成的生态系统的破坏仍在继续，物种的灭绝或濒临灭绝还将持续，为此，在今后如何处理好植物的开发利用与保护的关系仍是重大的课题。

正如《世界自然资源保护大纲》指出的"人类在谋求经济发展和享用自然财富的过程中，必须认识到资源是有限的这一实际情况和生态系统的支持能力，而且，还必须考虑到子孙后代的需求，这是自然资源保护的宗旨"，我们反对绝对保护，也反对盲目开发，为此，我们必须：

1. 在不断发掘新的资源植物种类的同时，要注意服从生态学规律，充分发挥植物资源的再生能力，以期永续利用。

2. 提高植物资源的利用效率，使资源的利用更具合理性。

3. 对已开发出的资源植物进行引种驯化，规模栽培，力求不破坏自然生态系统而造福人类。

参考文献

中华人民共和国商业部土产废品局，中国科学院植物研究所主编：《中国经济植物志》，北京：科学出版社，1961。

刘胜祥主编：《植物资源学》，武汉：武汉出版社，1992。

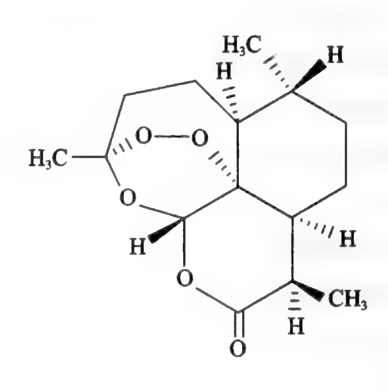
何明勋主编：《资源植物学》，上海：华东师范大学出版社，1996。

（胡昌序）

青蒿素研究 (Studies on Qinghaosu)

1. 青蒿素的由来

青蒿素得自中药青蒿（*Artemisia annua* L.），是以我国科学家中国中医研究院中药研究所研究员屠呦呦为首的科研组于 1972 年发现的原始创新药物，被公认为"抗疟药研究史上新的突破"！不仅解决了国际上棘手的抗氯喹恶性疟治疗问题，而且为研制新药开辟了一条新的途径。1979 年获国家发明奖。1986 年中国中医研究院中药研究所获第一个一类新药的《新药证书》[（1986）第X—01 号]。是当前中国被国际承认的惟一创新药物。在建国"五十周年成就展"的科技馆及社会事业馆中展出，并称之为"从传统中药开发新药的典范"。



Qinghaosu
青蒿素

2. 青蒿素的研究发明过程

疟疾是世界性的、危害严重的一大流行病，据世界卫生组织统计，世界上有一百多个国家的20 余亿人生活在疟区，年发病5 亿，死亡 200 万～300 万。17 世纪欧洲使用金鸡纳树皮治疟疾，1820 年，从中分离出有效生

Quinine
奎 宁

物碱奎宁。19 世纪初搞清其化学结构后，围绕这一结构又进行了大量的改造工作，相继有朴疟母星、阿的平、氯喹、伯喹等药问世，其中，尤以氯喹为优选药物。20 世纪60 年代初，由于疟原虫对氯喹等主要抗疟药产生抗药性，从而使氯喹失去原有的疗效。为此，国际上迫切需要寻找新的抗疟药。此后，美国在寻找新的抗疟药上投入了大量的人力物力，筛选化合物达30 万，同时其他国家也开展了研究工作，但都未找到满意的药物。我国也就在这种国际背景下开展抗疟药研究。

在我国对疟疾的发生以及治疗早有记载，如公元前12 世纪，《周礼》中记载有“秋有疟寒疾……”，《礼记》中记有“孟夏三月，寒热不节，民多疟疾……”，唐白居易曾有诗云：“闻道云南有泸水，椒花落时瘴烟起，大军涉步水如汤，未过十人二三死”，此处所谓“瘴烟”即恶性疟疾。对疟疾既有了解，对治疗疟疾的药物也就会有所认识。早在公元前402～222 年战国时期的《山海经》中就已提到用中药常山治疟疾，疗效显著，但毒副作用较大。近代我国对疟疾的研究始于 1964 年，因战备任务先在军内开展。其后1967 年起又在全国七大省市全面组织中草药抗疟研究，筛选中草药3 230 余种（其中包括青蒿），也未获满意的结果。

1969 年1 月，中医研究院接受任务，任命屠呦呦为组长负责抗疟新药研究项目。她首先从收集、整理历代医书、本草、地方药志的单方、验方入手，还走访老中医，从2 000余个方药中整理出以640 种药物为主的“抗疟方药集”，并归纳整理了200 多个方药进行筛选，历经380 多次的实验，结果最多只有30%～40%抑制率，甚至无效。这里也包括对青蒿的试验。虽然失望，但这些实验结果并没有使屠呦呦气馁，她从中药成分复杂、杂质较多方面考虑提取的方法，以及根据量效关系，认为，本来可能有效的药物，由于不适当的提取方法以致有效成分不能最大限度集中，可能显示不出应有的药效。在这种考虑下，她又重新对文献资料进行认真研究，并选定了文献中基础比较好的中药青蒿反复研究。就文献记载，青蒿之用于抗疟始于公元340 年间东晋葛洪的《肘后备急方》，后来，历代医书本草也有记载，如宋时的《圣济总录》有“青蒿汤”，元时《丹溪心法》中有“截疟青蒿丸”，明代《普济方》有“青蒿散”、“祛疟神应丸”，李时珍《本草纲目》中也有治疟疾寒热一说，清朝《本草备要》载有以青蒿治“久疟”，《温病条辨》中用青蒿治“少阳疟”。纵观历代记载都肯定了青蒿治疟疾的疗效，但是，经多次试验结果却不理想，这使她反复揣摩，细细考究提取方法。在东晋葛洪的《肘后备急方》中记载用“青蒿一握，水一升渍，绞取汁尽服之”可治寒热诸疟，这里提到用“绞”取汁，而未用常用的水煎。后经过科学实践证明水煎是无效的，进而考虑到可能是由于高温加热促使青蒿本身所含成分互相影响，破坏了青蒿的有效成分。根据这一思路，改进了提取方法，用低沸点溶剂除去酸性物质，从而使中性提取物的有效部分更为集中，表现出对鼠疟原虫具100%的抑制率，重复试验结果完全一致。在

用于猴疟的试验中也得到了显著的抗疟作用。1972年，在完成了一系列毒性试验后，又在海南昌江地区，用于包括本地人口和外来人口在内的间日疟和恶性疟，取得了30例临床首次试验的成功。这就肯定了青蒿中含有抗疟的有效成分。经进一步分离纯化，得到的单一的抗疟有效成分，此成分为新化合物，命名为青蒿素（Qinghaosu）。1973年，又在同一地区试用提纯的青蒿素单体，肯定其抗疟疗效胜于氯喹。进而在全国各地大力协作下进一步扩大临床试验，至1978年共治疗2 099例（其中中医研究院累计529例），全部获得临床治愈。

在青蒿素的研究中，屠呦呦等人经过了实践、失败、再认识、再实践，这样一个反复认识和反复实践的艰苦认知过程，最终在逐步掌握药物内在规律的基础上，取得了成功，并积累了可为今后在掌握我们祖先医药遗产和开发中草药的实践中引以为鉴的宝贵经验。这几点经验是屠呦呦等人用大量时间和精力堆砌出来的宝贵财富。

（1）品种考证。《中华人民共和国药典》曾把中药青蒿的植物来源定为植物黄花蒿（*Artemisia annua* L.）和植物青蒿（*Artemisia apiacea* Hance）2种，且尚有同科属的茵陈蒿、北茵陈、牡蒿、南牡蒿等按地区习惯混乱使用的情况，因而有必要进行品种考证。经屠呦呦综合古文献、原植物、商品资源、化学成分比较研究及有无抗疟作用等全面研究，确证中药青蒿的正品应为菊科植物（*Artemisia annua* L.）一种。只有这一种具抗疟作用也与古文献传统效用相吻合。而在中药青蒿名下冠以植物黄花蒿与植物青蒿名称的错误由来，则出于日本学者的《头注国译本草》。中药青蒿下只应确认为菊科植物 *Artemisia annua* L.。

（2）药用部位。在一般药书中无论青蒿或黄花蒿均记载为全草人药，而且市售青蒿也以茎秆的比重居多，叶子很少，而经研究在中药青蒿中具抗疟作用的青蒿素却就在青蒿叶部。

（3）采收季节。经对青蒿进行系统化学成分的研究，认识到早期采收的青蒿大部分含酸性成分（如青蒿酸），不含具抗疟作用的中性成分青蒿素，所以，合理的采收季节也是一个重要的问题。

（4）提取方法。这是一个关键环节，由于青蒿素结构中抗疟有效基团为过氧基团，如果，该基团被破坏，抗疟疗效随之消失，而生药青蒿就含有破坏这一过氧基团的还原性物质，因此要考虑提取温度和会不会酶解等问题。在最终取得青蒿素的提取过程中先用低沸点的溶剂除去毒性较强的酸性部分，得到抗疟活性集中且剂量小的中性部分进行分离纯化（青蒿素本身很稳定，水煮及与乙醇共热均不失抗疟活性）。

这几点经验应是发掘中草药有效成分要随时铭记的教益。

3. 青蒿素发现的意义

青蒿素的发现为人类带来了一种新结构类型抗疟药，解决了长期困扰医学界关于对奎宁类药物产生耐药性的疟疾治疗问题，及时挽救了抗氯喹恶性疟患者的生命，是我国对世界医学事业所做的一大贡献。不仅如此，它的发现也为抗疟理论以及开发新药开拓了一条新路。

青蒿素的化学结构经确定是一个带有过氧基团的新倍半萜内酯，与过去抗疟药基本上都是从奎宁结构衍生出来的含氮杂环化合物不同，它不含氮，是只有碳、氢、氧三种元素的完全不同的新结构类型的抗疟药。它的出现突破了认为“抗疟药种必须具氮杂环”的断言。也正如1981年在北京召开的青蒿素国际会议上专家所言：“这一新发现更重

要的意义在于发现了这种化合物独特的化学结构，它将为进一步设计合成新的药物指出方向”。

青蒿素的发现对我国学者的启示在于：当继承与发扬祖国医药学遗产的时候一定要仔细地工作，将前人的经验认真反复地加以领会，切不可轻易地下结论，从而否定我们祖先留给我们的可贵财富。我国有蕴藏量极为丰富的中草药，又有前人经几千年积累下来的翔实的实践经验，这是一个取之不尽、用之不竭的大宝库，有待我们去深入发掘其精华。

4. 青蒿素研究的发展

(1) 双氢青蒿素的创制和开发　双氢青蒿素是1973年屠呦呦为鉴定青蒿素化学结构中具有羰基而创制的第一个青蒿素还原衍生物。其重要意义不仅在于由此确证了羰基的存在；而且通过双氢青蒿素的创制成功，而在青蒿素结构中引进了羟基。用近7年时间把双氢青蒿素及其片剂再开发成为2个新一代拥有自主产权的“一类新药”，其药效高于青蒿素10倍，具有更突出的“高效、速效、安全、剂量小、研制简便，特别是毒性极低”等优点，成为当前青蒿素类药物之优选药，获1992年度全国十大科技成就奖。

(2) 双氢青蒿素构效关系研究　通过青蒿素及其相关衍生物的制备并结合鼠疟药效，中医研究院中药研究所屠呦呦的科研组率先开展构效关系研究并掌握了其规律，发现在青蒿素化学结构中过氧基团是抗疟的主要活性基团。过氧基团被破坏，抗疟活性即消失。而在保留过氧基团的前提下，内酯环的羰基还原成羟基（即双氢青蒿素）可以增效；而在羟基上引进乙酰基，抗疟活性则可以进一步提高。提示在保留过氧基团的情况下，修饰部分结构可以改变其理化性质并提高生物活性。因此双氢青蒿素的创制和构效关系规律的发现，为创制新药提供了新的思路，为国内、外全面开展青蒿素衍生物研究打开了新的局面。

(3) 青蒿素衍生物研究的广阔前景　1975年自中医研究院中药研究所把以上两方面工作在当时的抗疟研究会议上公开报告后，国内遂在双氢青蒿素基础上展开青蒿素的衍生物研究。中国科学院药物所和广西桂林药厂分别研制了油肌注的蒿甲醚和水静注的蒿酯钠。有的单位则利用青蒿素类药物速效、低毒的优势组织复方制剂。1981年应WHO要求在北京召开青蒿素首次国际会议，带动了国际抗疟领域工作的新进展。其后美国又开发蒿乙醚及Artelinic acid等。目前国内、外有关研究仍趋高潮，并不断扩展其疗效，如针对血吸虫病、肺吸虫、弓形虫、红斑狼疮等。青蒿素是一个通过中医药继承发扬而发掘成功的国际原始性创新药物，这充分说明有几千年传统的中医药确有精华，可以为丰富、填补世界医学空白做出重要贡献，实在是应该大力提倡的！

参考文献

屠呦呦：抗疟新药——青蒿素，《世界发明》，1：6，1981。

屠呦呦：继承发扬祖国医药学，为国争光，《中西医结合杂志》，创刊五周年特刊，174～177，1986。

屠呦呦：青蒿、青蒿素及双氢青蒿素等研究的回顾与瞻望，见：中国中西医结合学会主编：《我与中西医结合事业》，45～50，1998。

中国科学技术协会：《中国科学技术专家传略》，药学卷1，566～570，1996。

中华人民共和国卫生部：《中国卫生科技成果荟萃》，65～66，1997。

屠呦呦：中药青蒿的正品研究，《中药通报》，4：194～197，1997。

（屠呦呦）

植物地理学

(Plant Geography)

植物地理学是以植物分类学、古植物学、植物生态学、地理学和地史学等为基础，研究生物圈中各结构单元植物分类群组成和植被类型的空间格局、运动规律及其机制的科学。广义的植物地理学包括植物区系地理学和植被地理学（或称植物生态地理学）两大方面，而狭义的植物地理学则局限在植物区系地理学的范围。植物区系地理学是研究世界或某一地区所有植物种类的组成、分布规律及其成因的分支学科，研究内容又包括植物区系学（又称植物种属地理学）、植物分布学和历史植物地理学三个部分。植被地理学侧重于研究世界或某一地区植被的空间结构、动态和分布规律，特别注重这些因素与自然环境之间的相互关系。

近代植物地理学由德国学者洪堡（A. von Humbolt）于1807年创立。1859年，达尔文（C. R. Darwin）出版《物种起源》后，进化论进入生物学各个领域，使植物地理学研究思想发生深刻的变革。19至20世纪交替时期产生的生态学和遗传学促进了植物地理学的发展。1912年，魏格纳（A. L. Wegener）提出大陆漂移说，10年后，才有少数植物地理学者采用，直到60年代海底扩张板块构造说兴起后，才被多数人所接受。

中国植物地理学研究始于19世纪50年代，早期的研究工作被欧美学者所垄断。20世纪20年代，中国的植物分类学家开始涉及植物地理学研究领域，胡先骕、刘慎谔和李惠林为早期的代表人物。建国后，中国科技工作者在全国范围内进行多项植物资源调查和综合科学考察，积累了丰富的科学资料。1956年后，国内开始大量发表中国植物地理学研究论著，除了植物区系学（见中国植物区系研究）内容外，还有钱崇澍等《中国植被区划草案》（1956）、陈嵘的《中国森林植物地理》（1962）、吴征镒主编的《中国植被》（1980）、吴征镒和王荷生的《中国自然地理：植物地理》（1983）等等。吴征镒在“论中国植物区系的分区问题”（1979）一文中，按植物区系成分，结合植被分区，将中国分为泛北极植物区和古热带植物区、7个亚区和22个地区，构建了中国现代植物区系划分的基本框架。张宏达在“华夏植物区系的起源与发展”（1980）、“大陆漂移与有花植物区系的发展”（1986）和“再论华夏植物区系的起源”（1994）三篇论文中，根据华夏古陆具有最古老的有花植物，它的区系与大洋洲的最密切，与印度、热带亚洲、北美、南美及非洲古陆上的区系都有共有的属，从而推论前被子植物于三叠纪出现在“联合古陆”（Pangaea），于侏罗纪晚期演化为真正的被子植物；华夏古陆较稳定，可能是原始的种子植物及有花植物起源的摇篮，提出了华夏植物区系可能是被子植物发源地的新理论。

1963年至70年代初，简焯坡和他领导的植物地理学研究组，以植物地理分布现状是植物物种与群落演化、生态环境等诸因子之间长期相互影响和演变的结果为指导思想，尝试将现代层面植物区系地理、植被地理与历史植物地理结合起来进行综合性研究。为了研究中国植物地理分布规律，选择东经110°左右地区（即北起阴山山脉，经秦岭、神农架、金佛山、梵净山、雷公山向南至海南岛）为主线，结合华东与西南两条线进行研究。在梵净山与雷公山、金佛山、神农架、太白山以及武夷山的植物地理学研究中，采用了植物区系与植物群落研究相结合，现存植物与历史植物地理（土壤孢粉分析）研究相结合的方法，其代表作有简焯坡等“贵州梵

净山水青冈林在地理分布上的意义”(1975)。1976年后，应俊生领导的小组继承了简焯坡的学术思想，继续在神农架开展植物地理学工作，同时加强了对中国特有属的研究，其代表作有应俊生和张志松的“中国植物区系中的特有现象——特有属的研究”(1984)、应俊生和张玉龙的《中国种子植物特有属》(1994)。

细胞分类学工作的开展，带动了细胞地理学的发展。细胞地理学资料，不仅为研究植物变异与进化提供重要证据，而且是认识植物迁移路线、分布规律、特有现象和替代分布的重要依据。我国从70年代才开始植物细胞地理学的研究，比国外晚约20年，到目前为止已发表30余篇有关论文，如秦慧贞等的“中国薯蓣属细胞分类的研究——染色体数与该属起源和演化”(1985)、汤彦承等的“中国旌节花科的系统研究”(1986)、李林初的“夏蜡梅属的细胞地理学研究”(1989)等等。李恒等在“重楼属植物的细胞地理学研究”(1988)一文中，对全世界的重楼属(*Paris*)19种植物的染色体做了研究，发现存在两种基本核型：热带核型$K_{2n}=2x=10=6m+4t$，有13种，分布于亚洲大陆的热带和亚热带地区；温带核型$K_{2n}=2x=10=6m+2st+2t$，有6种，产于欧亚大陆的温带地区。重楼属的多倍体种出现在温带地区，而热带类型的种都是二倍体，从而得出结论：亚洲大陆北纬18°至北回归线的热带地域是该属的起源地，而云贵高原至邛崃山地区是该属的现代分布中心。该项细胞地理学研究为吴征镒的“中国植物区系的热带亲缘”观点提供了一个重要证据。另外，染色体的研究结果亦可用于探讨植物群落的演化历史。在植物地理学领域中，岛屿植物区系占有特殊的地位，因为岛屿在与大陆隔离的条件下，形成独立的地理单元或生态系统。岛屿包括陆源岛，即大陆分裂后漂移的碎块或局部沉没后露出的山头，还包括在海洋板块运动中从海底升至水面的部分(如台湾岛)，以及众多的火山岛(如兰屿)和珊瑚岛(如西沙群岛)。岛屿是研究植物分布、适应辐射的理想场所，岛屿特有现象与岛屿的年龄有关。岛屿中可能存留有相邻大陆上已经绝灭的物种，另一方面也可在隔离条件下产生新种属。新形成的岛屿则无新种。陆地上的山地和比较孤立的自然地理单元在很多方面近似于岛屿，也有人利用岛屿生物学的理论(如平衡理论和种类循环说)和方法，研究这些地方的植物地理。

现代植物分布区类型可概括为连续分布和间断分布两种形式。对植物间断分布的成因有两种不同的解释：(1)扩散理论(dispersal theory)，将植物的间断分布解释为植物克服先天障碍而扩散；(2)隔离分化理论认为新障碍的出现使过去相同的植物产生隔离和分化。长期以来，植物地理学研究受到华莱士(A. Wallace)的扩散假说的影响，人们曾相信大陆和海盆都是固定不变的。

关于世界植物分布格局的形成主要有几种学说。瑞士古植物学家赫尔(O. von Heer)于1968年提出北极起源的假说。这一假说认为，北极地区是各植物区系起源的单一的始生中心，自白垩纪末或第三纪初气候带分化后，区系以三条路线向南迁移。后来由于南极大陆也发现化石，北极起源说为两极陆地起源说所代替。陆桥说由美国学者舒切特(C. Schuchert)于1932年首先提出，他假设现代许多被海洋隔离的间断分布，是由于大陆之间曾有陆地或岛屿阶石连接，而后连接部分沉没的缘故。大陆漂移说是奥地利学者魏格纳(A. L. Wegener)于1912年提出的，1915年在《海陆的起源》一书中做了详细的介绍。该学说认为地球在古生代石炭

纪以来存在连续泛大陆，泛大陆约于三叠纪开始破裂，于侏罗纪、白垩纪时相继分裂为几块，并离极漂移，至第四纪前形成当今的陆地轮廓。由于新技术的发展应用，根据地球热力学和古地磁学的原理及新证据，60 年代兴起海底扩张板块构造说，其代表作有威尔逊（J. T. Wilson）的《地球科学的革命》（1967），该学说既继承了魏格纳的曾存在泛大陆和大陆漂移的观点，又解决了分裂和漂移的动力机制和速度问题，证明地壳岩石圈是由若干运动的大洋板块和大陆板块组成，随着大陆分裂和海底扩张，大陆不断缓慢地漂移。大陆漂移说和海底扩张板块构造说对于解释世界植物区系起源和演化，了解植物分布区形成的历史和阐明植物分布格局及其管理都有着非常重要的意义。

20 世纪60 年代以来，大陆漂移说和海底扩张板块构造说的引入，推动了植物地理学的发展，而多学科的综合研究，使现代植物地理学成为充满希望的和最富有挑战性的科学。

参考文献

陈家瑞：中国植物分类学史，见：中国植物学会编：《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

王荷生：《植物区系地理》，北京：科学出版社，1992。

武吉华，张绅：《植物地理学》，北京：人民教育出版社，1979。

应俊生：植物地理学的研究内容及趋势，《植物学通报》，14（增刊），1997。

（李振宇）

动物学

（Zoology）

动物学是研究动物的生活、形态结构、类群的分类及相关的生命活动规律的学科，涉及形态组织、细胞、生物大分子、生理、生态、发育、生化、分类分布、遗传进化等方面。

20 世纪是中国动物学重新建立基础的世纪。1902 年京师大学堂设立博物学，课程中有动物学，国外学者在中国采集、开展调查研究或设立学校，为中国学生教学授课，推动了中国动物学发展。20 年代前后，丁文江、秉志、薛德育、邹树文等分别从英、美、日归国，开设动物学系和动物学，编写大学动物学教科书，开展动物学、昆虫学研究。中国动物学开始建基。1926 年中国生理学会成立，会员20 余人；1934 年中国动物学会成立，当时会员30 余人。至2000 年中国动物学会、昆虫学会、生理学会等正式会员几达万人。发行杂志由《中国生理杂志》、《中国动物杂志》开始，至各个动物学专门学报已达50 种以上。由一两个动物学系已发展到100 个大专以上动物学、昆虫学、水产学、畜牧、蚕学、养蜂学、农医有关学系。动物学研究机构省级以上的达50 个以上。动物园、博物馆等达100 个以上。中国自然保护区有几百个，均是保护动物的生活区。《中国濒危动物红皮书·兽类》已列出需保护的种类133 种，而鸟、两栖、爬行、鱼、虫、甲壳类等需保护的物种数量当超过此数，不能不引起人们的忧虑。从自然发展的历史来看，现代人类的过分扩张引起生态灾难往往是动物绝灭的根源之一。要保护中国动物稀有的种类！

20 世纪是中国动物学重新发展的世纪，动物学各个分支学科基本建立，现按照中国动物学各主要领域简述它们的发展和成就如下：

古动物学　古生物学、古动物学、古人类学在中国的建立和发展是相辅相成的。古鱼类学中无颌鱼、甲胄鱼和有颌鱼、盾皮鱼化石在南方泥盆纪地层的发现，对脊椎动物进化史有更深刻的含义。古爬行类的发现和

研究是中国古脊椎动物的强项，四川自贡埋藏有数十具恐龙化石，十余省均发现恐龙蛋化石。中国龟鳖类化石已有系统总结。古鸟类化石如孔子鸟、中华龙鸟等在山东、辽宁等地出现，使得人们又关注鸟类的起源。古哺乳类动物，猛犸象化石在长江以北至黑龙江地区出现，促使人们探索中国北方原本适合大型哺乳动物生活的环境。《古脊椎动物手册》(1961，1979) 总结了中国现有的化石种类。1995 年以来山西、江苏发现4 000 万年前的曙猿化石，可以论证高级灵长类起源于亚洲的问题。脊索动物化石、无脊椎动物化石，如珊瑚虫、双壳类化石、有孔虫化石、腕足类化石、笔石化石、昆虫化石、蜘蛛类化石、软体动物化石、头足类化石等均有系统的研究和综述。中国地质学权威和开创学者李四光有关蜓——海生单细胞动物的研究报告实际是中国古动物学的先河。中国古人类学家裴文中、贾兰坡、吴汝康等，古动物学家杨钟健、周明镇、刘宪庭、陈均远、叶祥奎、李家骧、张俊峰、刘后一、张弥曼、潘江、侯连海、穆恩之、甄朔南、尤太忠等对中国古动物学的发展贡献较多。

普通动物学　中国开展动物学课程的教育，学者们既编写全面动物学教材，又对动物学中许多门类和一些问题进行深入的研究，以推动动物学的前进，可以说这些学者是中国动物学（包括中国昆虫学、中国无脊椎动物学、生理生化学）的奠基人，其中如秉志、邹树文、张景钺、陈桢、崔之兰、张巨伯、李汝祺、薛德育、王家楫、张景欧、贝时璋、陈世骧、刘崇乐、蔡邦华、胡经甫、蔡翘、林可胜、尤其伟、周尧、卢于道、吴宪、陈新国、武兆发、童第周、吴襄、黎国昌、郑作新、欧阳翥、张作人、伍献文、陆星垣、冯德培、张香桐、张玺、陈义、张孟闻、缪端生、于景让、朱洗、陆近仁、张锡钧、汪堃仁、张宗炳、蒲蛰龙、赵善欢、吴福桢、陈阅增、王应睐、汪猷、萨本铁、沈同、邹钟琳、周明、萧采瑜、叶曙等，他们是中国动物学界的元老，某一领域一代权威。中国动物学迅速发展而成为重要学科，同他们辛勤努力教学，努力科学研究，取得突出成就分不开，他们是现代中国动物学的奠基人。朱洗、张作人《动物学》，陈义《动物学》，武汉大学《普通动物学》(1978)，管致和、周尧《昆虫学通论》等是较优秀的动物学、昆虫学教科书。郑作新《生物学实验》，郭郛、忻介六《昆虫学实验技术》(1988) 等是动物技术学课本。尹文英等的《土壤动物学》(1992) 则是区域动物学的另一形式。

贝时璋主编的《中国大百科全书·生物卷》收罗了动物学知识，《中国农业大百科·昆虫卷》《蚕学卷》《蜜蜂卷》收集了昆虫和蚕、蜂知识，《医学大百科全书》收入了有关人和动物的知识。冯德培等的《简明生物学辞典》(1983) 是动物学必备的书籍。

动物分类学、昆虫分类学　20 世纪中国学者建立的动物分类系统且有广泛影响的，可推陈义的《动物学》动物分类、郑作新的《脊椎动物分类学》、蔡邦华的《昆虫分类学》、周尧的《农业昆虫学通论》昆虫分类，以动物的生活习性、内外结构等为基础，将动物分成若干门、纲、目、科，适当述及重要种类。这是中国学者深入学习国外的科学成果后，建立了有中国特色的分类学基础。后来各大学编的教科书，如南京大学、武汉大学《动物学》，南开大学《生物学》、《动物学》、《昆虫学》，北京大学《脊椎动物学》、《无脊椎动物学》等均有各自的优点。适合中国的国情而编成的教科书，是中国青年动物学者必读的教科书。

中国生物进化学家陈世骧和陈受宜于1979 年提出整个生物界可分为6 界系统，这

个系统由非细胞总界、原核总界和真核总界3个总界组成，代表生物进化的3个阶段。非细胞总界只有一界，即病毒界。原核总界分为细菌界和蓝菌界。真核总界包括真菌界、植物界和动物界，它们代表真核生物进化的3条主要路线。这个6界系统生物体系的分类法，反映了生物遗传物质——核酸的进化途径。可认为是中国学者论述地球上生命系统的进化阶段的贡献。

动物形态解剖组织学 动物形态学是普通动物学的基础。中国学者建立动物显微镜技术以便观察动物内部组织结构的，首推各大学如东吴大学、协和大学等的生物材料供应处，供应各个学校的组织切片。中国学者在组织学技术有成就的首数北师大武兆发。对动物进行系统解剖组织研究的是秉志的鲤鱼的组织解剖，徐凤早的昆虫听器、化学感受器研究，郑国章的动物水獭肝叶结构研究，王焕葆、赵增翰的细胞衰老的细胞组织研究，刘玉素、卢宝廉的飞蝗系统组织研究。北师大汪堃仁、南京大学朱洪文等均是对动物组织学有贡献的学者。结合电镜开展工作的，如卢宝廉的昆虫消化系统电镜观察，钟香臣等的昆虫精子细胞的超微结构等。农医学院校和科研机构结合人体疾病而以动物为媒介或以大动物为对象，进行组织细胞研究，取得了较多成果。北大《脊椎动物比较解剖实验指导》(2000)、《组织学实验指导》(2000)是最新的教材。

动物胚胎学 中国实验胚胎学较有成就的当推实验生物所庄孝僡，他对胚胎诱导和分化有突出的成就。动物所钦俊德对飞蝗胚胎发育以及卵膜保护机理有独到的成果。中山大学利翠英对蓖麻蚕胚胎发育进行了系统的研究。

大动物和人的胚胎发育常常为畜牧学家和医学家研究的对象。性别决定、受精和着床、怀孕和胚胎发育等已是中国人口问题专家所认真研究的范围。胚胎移植、借腹怀胎、冷冻胚胎及其重新发育已是畜牧院所、医研院所的最新成果，这是实验胚胎学在20世纪的成就，在21世纪仍有用武之地，将来可与克隆技术、基因位点人为调控技术等结合起来，可以取得更多的成果。

动物生理学、生化学 中国动物生理学首由蔡翘在中央大学开设生理学课程而奠定基础，他编写的《生理学》为中国生理学最早的教材，他的研究成果，如糖代谢与肝脏糖原异生机理等奠定了中国生理学在世界生理学的地位。吴襄《生理学》，赵以炳的《动物比较生理学》，徐丰彦、朱壬葆的《生理学》对中国动物生理学影响较大。同时，蔡翘又是中国航天和航海生理的推动人。

医学生理学首推林可胜，他在协和医学院建立生理学系开展生理学教育，并从事肠道内分泌生理的研究，1926年筹建中国生理学会，1930年发现肠抑胃素(enterogastrone)。

冯德培开展神经生理的研究，张香桐开展神经生理和脑生理学的研究，取得较多的成就。刘育民、杨雄里、沈锷等在对神经和器官生理研究中分别取得可喜的成果。王忠诚等在神经医学病理学的成就为神经医学奠定了基础，造福于人民。

台湾李卓浩、北京动物所张致一开展比较内分泌生理的研究，张致一后来与朱洗等协作开展鱼的生殖和内分泌调控研究，并从事前列腺素的研究。刘以训、林浩是比较内分泌生理研究的成功后继者，他们开展了内分泌与人的生殖调控研究。

北大《动物生理学》(2000年第2版)是较佳的教科书之一。

昆虫生理学在中国积极开展，南京大学尤子平、复旦大学忻介六、北京大学陈德明、

中山大学利翠英、南开大学陈振衡、山西大学刘瑞林、台湾施河等既教授昆虫和无脊椎动物生理学，又从事某一领域的研究。陈德明还在动物所开展昆虫外激素的研究。动物所钦俊德开展昆虫生理学研究，在蝗虫、粘虫、瓢虫生理学和食物选择方面取得较多成果，他发表了《昆虫食性与植物关系》(1987)。郭郛等在昆虫内分泌学方面开展一系列研究，如蝗虫的咽侧体及其激素作用，家蚕前胸腺及其激素作用，提出昆虫双条激素链拮抗调节昆虫的变态学说，以及飞蝗雄性生殖腺的间隙细胞是激素源等。他们发表了《昆虫的激素》(1979)。钟香臣等用蜕皮激素类似物打破天蚕的卵滞育。他们和日本铃木善幸、长泽宽道合作研究蚕的促前胸腺激素的分离和结构。

昆虫生化学同昆虫生理学相伴发展。冯慧开展昆虫碳水化合物的代谢研究；翟启慧、龚和开展卵黄蛋白与激素调控研究；夏邦颖开展核酸代谢的研究，他分离家蚕生殖细胞中的核蛋白的DNA 双螺旋结构，达8 cm 长。冯北元开展比较生化学研究，建立了生化与生物进化系统树关系。

细胞学 中国现代细胞学由贝时璋、童第周、朱洗等建立基础。贝时璋对鳗形线虫等的细胞常数、细胞分类、染色体结构等进行研究，后来在鸡胚中对卵黄颗粒等细胞器和DNA 进行超微大分子结构等研究，提出“细胞重建”学说。童第周开展了细胞质和细胞核关系的研究，交换移植不同品系鲫鱼、金鱼的细胞核；严绍颐、杜淼等又开辟了不同属种间核移植，为克隆等技术建立基础。他们又同牛满江协作研究核糖体等的作用。朱洗开展蚕受精的细胞机理，提出精子—胶质—卵子作用三元论，他同王幽兰、张果等用针刺法刺激蟾蜍产出未受精卵，孵化出“没有外祖父的蟾蜍”。姚真开展肿瘤细胞和干细胞的全面研究，建立细胞病理学基础。施履吉开展细胞器超微结构及其作用研究。郭郛利用人工隔离法使飞蝗人工孤雌生殖，但孵化率较低，只是可能维持种群世代；后同复旦大学罗祖玉用人工去除雄蝗，保留雌蝗，可大大提高孵化率，但不能改变性别；证实雌雄接触是提高卵细胞发育的动力源之一。后来王宗舜等用液面铺浮技术结合电镜观察，对飞蝗卵细胞等的细胞核、核孔、核膜、染色体等进行研究，提出细胞膜结构模型，以及核孔复合体和细胞内骨架的作用，特别是染色质纤维组成的核小体 (nucleosome)。他们提出 一个核小体模型，发表在中国《科学通报》(1979) 中。郭郛后来认为200 Å 的核小体可能是一个基因组功能单位。施立明等研究了麂类核型的同源关系，提出染色体串联进化观点。

遗传学和分子生物学 中国遗传学由陈桢、李汝祺、谈家桢等建立基础，他们均先后与威尔逊、摩尔根从事遗传学研究。陈桢的金鱼的遗传变异 (1925～1928)、李汝祺的果蝇染色体结构 (1926)、谈家桢的瓢虫色斑型 (1933) 以及他的瓢虫色斑嵌镶显性遗传学说 (1980) 均是遗传学论文中的佼佼者。李汝祺的《发生遗传学》(1981) 是遗传学中总结性权威专著。北京大学、复旦大学、中科院遗传所是中国遗传学三大基地，如刘祖洞、胡含、陈受宜、吴鹤龄、杨焕明、陈竺、于军、孙雄等均在动物遗传各个领域中有所建树。

进化论 严复翻译的英国学者赫胥黎的《天演论》于1898 年出版，将达尔文进化论介绍入中国，对中国学术思想和社会思想影响巨大，其中如竞争意识、生存竞争、弱肉强食、物竞天择、优胜劣汰等推动沉寂的中国思想。20 世纪中有两本达尔文进化论全译本 (陈世骧等和周建人等译)。朱洗的《生物的

进化》和方宗熙进化论课程系统地介绍了进化论各方面知识。陈世骧对生物进化论进行系统研究，提出适者生存即适者繁殖等论点，并用分子生物学来论述进化观点。各个大学开设生物进化论课程，北大张昀《生物进化》(1998)是较好的教科书之一。动物所设立了进化与系统发生研究室。

生态学　中国生态学教科书首推缪端生《（动物）生理生态学》(1968)。生态学专著有马世骏《昆虫动态与气候》(1957)、《东亚飞蝗蝗区的研究》(1965)、《中国的农业生态工程》(1987)，林昌善、吴明《环境生物学》(1986)，丁岩钦《昆虫种群数学生态学》(1980)，蔡晓明、商玉昌《普通生态学》(1995)，孙儒泳《动物生态学原理》(1992)，卞有生《留民营生态农业系统》，北京大学《行为生态学》(2000)等。

马世骏等的东亚飞蝗生态生理学及其在根治蝗灾中的作用研究，提出了稳定水位、开垦荒地、旱作水田改制、种植蝗虫不食作物等长期治理措施；短期治理则是猖獗发生时化学防治、人工防治，平时实行生物防治、预测预报等常规方法，这是后来综合防治害虫理论和实践的基础。本项规划在江苏、安徽洪泽湖蝗区实践成功，解决了中国三千多年的蝗灾，获得国家自然科学二等奖。

林昌善的粘虫迁飞研究，陈永林的蝗虫生态地理，尤其儆的蝗虫季节生态研究，张孝羲的稻飞虱迁飞研究，丁岩钦、邬祥光、李典谟、兰仲雄等的害虫种群分析，王如松的自然复合系统，盛承发的作物对虫害的补偿作用等都是生态学中较有成就的领域。陈宁生的动物昆虫行为生态是独创生态学的成功典范。康乐的草原昆虫生态研究是一新的领域。草原鼠类生态研究取得一定成果，这是21世纪重点研究课题。

动物地理学　中国地处动物地理分布区的古北区和东洋区，古北区和东洋区在中国境内如何划定，郑作新、马世骏、张荣祖等经多方研究，确定以川陕的秦岭及其向东延长线为界，得到中国动物学界的认同。

张荣祖的《中国自然地理：动物地理》(1979)、《中国动物地理》(1999)、郑作新等的《中国自然地理区划》(1959)、马世骏的《中国昆虫生态地理概述》(1959)等有较大影响。张荣祖还总结了中国动物地理学所有的成果。

动物区系学　中国动物区系学是20世纪成果最丰富的一个领域，它是结合动物分类、形态、解剖、生活习性、生理生态、益害情况、地理分布等某一科属动物种类的全部知识的总结。1938年胡经甫《中国襀翅目昆虫志》出版，收录石蝇种类137种。1961年王家楫《中国淡水轮虫志》出版，这是对水产鱼类的食物和致病寄生物的种类系统的总结。郑作新等《鸟纲雁形目》、《雀形目》等7卷(1979～1995)，高耀亭等《兽纲食肉目》(1987)，李思忠等《硬骨鱼纲蝶形目》(1995)，沈嘉瑞等《甲壳纲淡水桡足类》(1979)，蒋燮治、堵南山《甲壳纲淡水枝足类》(1979)，柳支英等《昆虫纲蚤目》(1985)，陈世骧《昆虫纲鞘翅目铁甲科》(1985)，朱弘复、王林瑶《鳞翅目圆钩蛾科钩蛾科》、《蚕蛾科 大蚕蛾科 网蛾科》2卷(1991～1996)，夏凯龄等《昆虫纲蝗总科》(1994)，范滋德等《昆虫纲丽蝇科》(1997)，陆宝麟《昆虫纲蚊科》(1998)，杨潼《环节动物门蛭纲》(1996)，董正之《软体动物门头足类》(1988)，陈心陶等《扁形动物门吸虫纲复殖目》(1985)等是动物区系学中较优秀的代表作品。伍献文《中国鲤科鱼类志》(1964，上册；1977，下册)、周尧的《蝉科》(1995)、赵修复的《蜻蜓目》(1994)、黄复生的《白蚁目》(1995)等分别出版，也是

动物区系学中重要组成部分。

《中国经济动物志》，如寿振黄《兽类》（1962），郑作新《鸟类》（1963），成庆泰等《海产鱼类》（1962），伍献文等《淡水鱼类》（1963），匡溥人、钱金会《淡水鱼类寄生甲壳动物》（1991），吴宝玲等《环节棘皮原索动物》（1963），张玺、齐钟彦《海产软体动物》（1962），刘月英等《淡水软体动物》（1979），陈德牛、高家祥《陆地软体动物》（1987），吴淑卿等《寄生蠕虫》（1960）是中国区系动物学中有重要经济价值的动物部分。

中国经济昆虫志，如陈世骧等《鞘翅目天牛科》（1959），刘崇乐《瓢虫科》（1963），赵养昌《拟步行虫科》（1963），谭娟杰、虞佩玉《叶甲总科》（1980）等甲虫类11 册；蔡邦华、陈宁生《等翅目白蚁》（1964）；尤大寿等《蜉蝣目》（1995）；杨惟义《半翅目蝽科》（1962），章士美等《半翅目》（1985）等3 册；葛钟麟《同翅目叶蝉科》（1966），王子清《粉蚧科》（1982），张广学、钟铁生《蚜虫科》（1983），周尧《蜡蝉总科》（1985）等6 册；朱弘复、陈一心《鳞翅目夜蛾科》（1964），刘友樵、白九维《卷蛾科》（1977），王平远《螟蛾科》（1980），赵仲苓《毒蛾科》（1978）等蛾类11 册；廖定熹等《膜翅目小蜂总科》（1987），唐觉等《蚁科》（1995），吴燕如《蜜蜂总科》（1965），李铁生《胡蜂总科》（1985），黄大卫《金小蜂科》（1993）等6 册；范滋德《双翅目花蝇科》（1988），赵建铭《寄蝇科》（1999），李铁生《蠓科》（1978），王遵明《虻科》（1983）等4 册；邓国藩《蜱螨目蜱总科》（1978），王慧芙《叶螨总科》（1981），匡海源《瘿螨总科》（1995）等经济昆虫和螨类共52 册；赵修复《姬蜂科》，侯陶谦《松毛虫科》，周尧《中国蝶类志》，李传隆《中国蝶类图谱》，宋大祥等《蜘蛛类》等分别出版，也是此类中的佼佼者。

兽类学　20 世纪兽类学由寿振黄（1884～1966）建立基础，后继有高耀亭（1932～1992），谭邦杰、刘咸、夏武平、潘清华、罗泽珣、汪松、冯祚建、马逸清、胡锦矗、盛和林、刘振河、王应祥、马勇、蒋志刚等，代表作有冯祚建《西藏的哺乳类》（1986）、胡锦矗等《四川资源动物：兽类》（1984）、马逸清等《黑龙江兽类志》（1984）、盛和林《中国鹿类动物》（1992）、王应祥《中国哺乳动物图鉴》（2000）、马勇等《新疆啮齿类》（1987）等，共探明中国兽类有534 种。对鼠疫媒介调查和控制、对鼠害积极防治、设立动物保护地区等、对大熊猫繁殖技术进行研究、动物保护和鼠害（包括草原鼠害）综合防治、动物种类和动物数量（包括人口数量）的综合动态平衡——地球上究竟能容纳多少生物等，将是21 世纪的重大课题。

鸟类学　20 世纪是中国鸟类学重建的世纪，寿振黄在20 世纪开始时参与建设，后来郑作新、钱燕文、常麟定、傅桐生、许维枢、郑光美等建立较为扎实的基础，确定鸟的种类数目1 166 种，出版了郑作新《中国鸟类分布名录》、钱燕文《中国鸟类图鉴》（1996）、颜重威《野生鸟类图鉴》（1997）以及动物志。鸟类和各地区鸟类志、鹤类保护区以及观鸟区的设立等、鸟类保护和鸟类迁飞规律、鸟类生活习性等仍是21 世纪的课题。

两栖爬行类　中国两栖爬行类动物学最早是由国外学者Boring A. B. 及 Pope C. H. 开始研究，此后中国学者刘承钊、张孟闻开展此一领域工作。刘承钊对扬子鳄的生活习性和生态学的研究是启动这一领域和鳄的保护的文献依据。胡淑琴、赵尔宓《中国两栖动物图谱》（1987），胡步青等《浙江蛇类

志》(1959)，杨大同《云南两栖类志》(1991) 等是较有特色的著作。现今又引进鳄类饲养。中国两栖类约200 种，爬行类约320种，但保护两栖类、爬行类是当务之急。它们是环境生物中最敏感的生物，动物的兴衰、环境的优劣常以两栖爬行类为指标。近亿年间爬行类恐龙在地球上彻底绝灭，应引起对现存生物的重视，两栖爬行学的任务任重而道远。

鱼类学　20 世纪鱼类学的发展是由伍献文、朱元鼎、王以康、朱树屏、张春霖、倪达书、刘建康、成庆泰、陈兼善、张孝威、郑葆珊、李思忠、陈宜瑜等建立基础，出版了朱元鼎《中国鱼类索引》(1931)，倪达书、刘建康《中国淡水鱼类养殖学》(1961)，王以康《鱼类分类学》(1958)，孟庆闻《鱼类分类学》(1995)，陈宜瑜《平鳍鳅科系统分类》(1980)，杨君兴的《鲤科系统发育》(1994) 等以及各地的鱼类志。中国全年水产的产量已达4 000 万吨，已列人世界大国之林，但近海产鱼类如大、小黄鱼等数量锐减，急需保护；而远海鱼类及大型海产动物知识贫乏，急需充实。海洋动物和鱼类，渔捞和养殖等研究将是21 世纪重大课题。

无脊椎动物学　无脊椎动物学是20 世纪中国从头开始建立的学科。王家楫、张作人、倪达书、陈阅增、陈启鎏等从事原生动物研究。单细胞生物是最简单也是最复杂的生命物质，是生命起源又是动物起源的基础。人畜疟原虫、蚕的微粒子病等是原生动物应用研究的对象，中国学者在这些领域取得了一定的成果。

陈义、吴宝铃的环节动物类研究为环节动物学建立基础，蚓激酶的药用开发则是应用研究的成果。杨潼是蛭类研究有成就的学者。

蠕虫、线虫、圆虫、扁虫是医学家研究的对象。千百年来困扰中国人民寄生虫的疾病，在20 世纪，经寄生虫学者，如吴光、魏曦、钟惠澜、姚永政、冯兰洲、包鼎成、吴淑卿、徐锡藩、谭天锡等人的努力，既扫除中国人腹内寄生动物，又建立起相应的学科，这是20 世纪中国较为突出的成就之一。今后要继续监控寄生虫病的发生，开展寄生虫免疫等。海产软体动物方面，张玺是本门学科奠基人，齐钟彦、董正之等也取得较多的成就；淡水产软体动物方面，李赋京、刘月英、赵赓等从事科研和教学。陆生软体动物方面，陈德牛是执牛耳的学者。中国引进玛瑙螺本意作为食品，不意其在部分地区成为农业害虫。

甲壳动物学方面，中国学者沈家瑞、喻兆琦等建立基础，刘瑞玉、宋大祥、蒋燮治、戴爱云、堵南山等继续开展研究。60 年代后，对虾、沼虾、青虾、中华鳌绒蟹等的大规模饲养，甲壳素的开发利用，蝎子的养殖利用，海产贝类大规模养殖开发，这些是甲壳动物学的成就之一。

昆虫学是20 世纪中国发展最快的也是最大最重要的学科，不仅从事的学者人数最多，发展的学科门类齐全，而且农业昆虫、医药昆虫、蚕丝业、养蜂业也是最重要的产业支柱。农业昆虫学中以管致和、尤子平、周尧《昆虫学通论》，邓国藩等《农业昆虫学》，南开大学《昆虫学》，郭郛、忻介六《昆虫学实验技术》，冯慧《昆虫生物化学分析法》，冯兰洲《医用昆虫学》，张宗炳《昆虫毒理学》，吴载德《蚕解剖生理学》，龚一飞《养蜂学》，吕鸿声《昆虫病理学》等为较好的教材。蝗虫、螟虫、粘虫、飞虱、棉铃虫、红铃虫、蚊子、苍蝇等为全国性防治害虫。邹钟琳、程淦藩、周明牂、杨惟义、黄其林、刘淦芝、傅胜发、邱式邦、曾省、易希陶、蒋书楠、齐兆生、曹骥、李光博、马骏超、张书忱、周钦贤、黄邦侃、李风荪、杨平澜、张广学、黄

可训、刘廷蔚、郑凤瀛、陈常铭、牟吉元、李丽英等在农虫防治中有所成就。祝汝佐、邱式邦、蒲蛰龙、赵修复等开辟生物防治新领域，这项工作将在21 世纪大显身手。赵善欢、张宗炳、龚坤元、熊尧、刘维德、刘孟英、郑宗炳等在昆虫毒理、农药合成方面有所建树。森林害虫方面，以萧刚柔、忻介六、侯陶谦、张玉珍、苗建材等较有成就。医学昆虫方面，以冯兰洲、陆宝麟、李贵贞等成就突出。昆虫病理学、昆虫微生物学方面，中国应用苏云金杆菌较为成功，以沙槎云、蔡秀玉、张履鸿等的工作较为出色。马世骏等开展生态防治蝗虫获得成功，后来发展成害虫综合防治，编写《中国主要害虫综合防治》(1979)，为中国害虫综合防治建立理论和实践基础，为21 世纪害虫防治开辟道路。郭郛、陈永林、卢宝廉等《中国飞蝗生物学》(1991) 是以一种重大害虫为对象进行形态解剖、生理、生态、天敌等全面系统总结，将对21 世纪的害虫、益虫研究和探索有所借鉴。《中国农业大百科全书·昆虫卷》《蚕学卷》《蜜蜂卷》是20 世纪中国学者对昆虫学知识全面总结，为21 世纪昆虫学发展奠定基础。蚕、蜂资源昆虫学是中国昆虫学中强项。

20 世纪中国动物学是有成就的学科，中国大动物肉品（如猪、马、牛、羊等肉类成品）产量居于世界前列，蚕丝和蜂蜜等产品堪称世界第一。

动物学的成就有：1. 中国猿人头骨和哺乳动物化石发现，中国大地是人类开发居住开发地之一；2. 中国动物学者参加珠穆朗玛峰西藏地区的调研，并写出有分量的报告，这是中国科学家独立完成的工作；3. 中国动物学者编写完成并出版中国动物志 20 卷；4. 中国学者开辟动物学各个分支学科；5. 中国学者提出害虫综合防治的理论；6. 中国设立自然保护区1 000处，制定动物保护名录1 000种，大规模保护动物，开展物种生活适应性和生存能力的研究；7. 中国消灭以白蛉子为病媒的黑热病等，寄生虫病防治成就较大；8. 中国开展大动物和濒危动物的最新繁殖技术。

中国动物学的不足和亟须开展的课题：1. 一些致病传媒动物如钉螺、疟蚊、跳蚤、姬鼠等未能全面控制，亟须大力研究；2. 生态环境恶化，西北地区荒漠化因人为开荒和乱挖药材、乱捕动物而日益严重，21 世纪生态治理将是特别重要的任务；3. 动物种类和数量（包括人类）的动态平衡，即中国大陆资源总量和总人口量总生物(动物和植物等)总量之间的动态平衡关系，应着手研究；4. 中国海洋动物家底调查，基础比较薄弱，海洋生物养殖、海洋生物生态研究应是21 世纪的课题；5. 中国动物资源和动物家底现尚无确定记载，亟须完成此项重要任务，要早日建立动物基因库；6. 海底热泉动物，南北极和珠峰动物适应和生理生态作用应积极开展研究；7. 研究动物免疫机理为人和大动物防病治病服务；8. 要积极研究生殖生物学、内分泌激素调控和免疫学调控等，以调节人口增长过快；9. 动物以及人类之间生死存亡的斗争能避免吗？人类之间的战争、自相残杀的斗争能停止吗？生物进化途径中，人类更高级的智慧能否挽救生物免遭恐龙灭绝的覆辙？人们能挽救50 亿年后太阳系的毁灭吗？人类的智慧能挽救宇宙学家所称的1 000亿年宇宙大收缩塌陷吗？诸如此类的问题。

动物学是古老而常新的科学，在未来的世纪中随人类的进步而发展进步，能够解决人们身旁的一些问题，人们生活中的一些问题，人们生存中的一些问题，中国人能贡献出自己的智慧，将动物学推到新的水平。

参考文献

贝时璋主编:《大百科全书· 生物学》3 卷,上海:科技出版社,1991。

管致和主编:《中国农业百科全书·昆虫卷》,北京:中国农业出版社,1990。

郭郛,李约瑟,成庆泰:《中国古代动物学史》,北京:科学出版社,1999。

李恭亮:《中国生物学发展史》,台北:台湾商务印书馆,1974。

(郭郛　杨君兴)

生理学

(Physiology)

生理学是生物科学中的一门基础学科,它是研究生理功能活动规律及其机理的科学。生理学的研究直接关系到医学和农牧渔及动物养殖业的发展,与人类生活及社会经济发展关系极为密切。生理学的研究范畴非常广泛,根据不同的研究对象,派生了许多分支学科。若以动物种类区分有:哺乳动物生理学、鸟类生理学、鱼类生理学、昆虫生理学等等。若按解剖系统可分为循环生理学、呼吸生理学、消化生理学、生殖生理学、神经生理学、内分泌生理学等等。若从应用角度又有家畜生理学、环境生理学、航天生理学、水下生理学、运动生理学等等。此外,还有一些专题性的生理学,不胜枚举。

生物机能的活动规律很早就引起人们的重视,但直到1628 年Harvey (1578~1657) 所著的《动物心血运动解剖论》问世,才被认为是现代生理学开端的代表作,他将动物实验方法引入这一学科领域,被誉为实验生理学的奠基人。到19 世纪中叶,生理学才被公认是一门完全独立的专门科学。此后的150 年,由于各学科的相互促进、新技术的广泛采用和实践应用的迫切需要,生理学有了飞速的发展。近30 年来,已深入到细胞亚显微结构及分子水平研究生理功能活动的机制。

我国在20 世纪20 年代初才开始有生理学论文在国内杂志上发表,差不多比西方国家滞后300 年。1926 年9 月在北京协和医学院由林可胜等老一辈生理生化学家发起成立的中国生理学会和四个月后创刊的英文版《中国生理学杂志》对我国生理学的发展起了决定性的作用。70 余年来中国生理学有了很大发展,但与先进国家相比仍存在不小的差距。

消化和代谢生理学　北京协和医学院林可胜在20 年代即进行过胃的组织学和胃液分泌的研究,特别对胃液分泌机制的研究有重要贡献,最为突出的成果是脂肪可抑制胃分泌和运动,从而发现并提出一个假想的激素——肠抑胃素,这是我国发现的第一个人激素,被全世界认为是一项经典性工作。继而对胃的基础分泌、正常胃液盐酸浓度和氯化物的分泌量做了一系列研究。侯祥川对消化力、林树模对自我消化、张孝骞对体内脂肪酶、孙宗彭对小肠上皮因绝食和复食发生的变化等都做了不少工作。30~40 年代徐丰彦等进行了小肠兴奋性和运动性的研究,发表了十余篇论文。70 年代末,我国不少单位制备并供应放射免疫测定试剂盒;上海第二军医大学制备了11 种神经肽 (包括胃肠肽) 抗体,其中有8 种系国内首创。由于有了胶原酶,也开展了胰和肝细胞的研究。如果仅从消化生理的研究技术来估计,这时与国外的差距还不算太大。80 年代的一个新动向是将"脑立体定位仪"引进到研究脑肠肽的中枢效应。朱文玉首先报道了8 种脑肠肽侧脑室注射对大鼠基础胃酸分泌的影响。此后,使用各种脑肠肽刺激中枢 (主要是下丘脑外侧区) 引起胃的运动和分泌的研究普遍开展起来。80 年代中期,陈寿坡等首次发现胰多肽具有内分泌和外分泌双重性质。在吸收研究方面,张立藩在50 年代末进行了小肠糖吸收

和电离辐射对吸收影响的研究。80 年代，对金属离子的吸收也有一些有意义的工作。应激性溃疡方面的研究成果冲击了“无酸则无溃疡”的老概念。王志均、张席锦等对胃肠道细胞保护进行了十多年的研究，发表了40多篇论文，他们设想细胞保护可能是脑肠肽的生理功能之一，引起国内同行瞩目。消化道运动的针刺调控是我国消化生理研究的特色，针刺效果明显，但机制复杂，值得用现代科学技术进行深入研究。

代谢研究在我国开展也较早。沈俊淇与林国镐研究了太监的氮代谢，并用实验动物予以证实，纠正了前人的观点。林可胜系统调查了中国人的基础代谢。蔡翘在30 年代对肝的碳水化合物代谢有重要贡献，他证明猫的肝糖原的来源主要为非碳水化合物。刘士豪等对钙磷代谢、维生素代谢也进行了多方面的研究。50～60 年代曾开展了气功对代谢率影响的研究。王志均等研究消化器官活动对代谢的影响，阐明了迷走—胰岛素系统的作用，比西方提出的“肠—胰岛轴”早好几年。80 年代，张建福、王复周等分别研究了胰高血糖素和胰岛素注入中枢对代谢的影响。

呼吸生理学　蔡翘30 年代对大学生及高中生肺活量做了调查。赵以炳40 年代开始对冬眠动物刺猬进行系列研究，对刺猬的呼吸类型做过分析。50～60 年代徐丰彦等对颈动脉窦压力感受器兴奋时的呼吸反射和气功锻炼时呼吸频率和类型等方面进行了研究。沈霁春等研究了主动脉体对各种不同刺激的反射作用。蔡翘等观察了睡眠过程的呼吸变化，并初步分析其机制。70 年代以后呼吸生理学研究有较大的发展，主要有如下几方面：(1) 膈神经放电（张镜如等）；(2) 呼吸活动有关的中枢核团（沈锷、刘磊等）；(3) 不同传入冲动对呼吸中枢活动的调节（陈子彬、钱梓文等）；(4) 中枢递质对呼吸的调制作用（胡旭初等）；(5) 药物影响呼吸作用机制（张镜如、刘磊等）。可以看出，呼吸生理学的研究主要还是集中在呼吸的中枢调节机制方面，其他方面还较少。

血液生理学　20 世纪初就有血液生理常数的报告和少数临床血液学的观察。30 年代末期，吴襄等开展生理常数（红细胞、白细胞、血红蛋白、ABO 血型等）调查。40 年代，易见龙进行了Rh 和M－N 血型的调查。50 年代初仍然限于血液常数（血量、不同年龄血象）的调查（张孝骞、吴襄等）。1957 年成立了输血及血液学研究所，协和医学院提出血细胞命名修订意见。这期间易见龙、周衍椒等也开展了一些有关血细胞凝集效价和高级神经不同机能状态对血液浓度影响等实验研究。

80 年代以后，血液生理学的研究才有了历史性的变化，主要的研究有：(1) 造血细胞的生理特性（朱壬葆、胡晓棠等）；(2) 造血因子的研究（吴祖泽、陈雪妮、卯新民等）；(3) 造血基质细胞的研究，其成果处于这一领域的国际前沿（王绮如、蒋德昭、陈家佩、赵士富等）；(4) 小分子生物活性物质对造血细胞的影响（徐有恒等）；(5) 免疫血液学研究（陈璋等），陈璋等向国际性鉴定研讨会提交了17 种单抗，命名了14 种；应用CD34 单抗分离纯化干细胞、祖细胞已经跟上国际水平（马军、陈力军等）；(6) 在出血、止血方面，阮长耿等制备的SZ 单抗系列已被国际上广泛用于血小板研究；(7) 纤溶方面和凝血因子的研究等。

循环生理学　20 年代，林可胜观察了植物性神经对胃部血管活动的影响，于1927 年发表的“活体灌输胃之血管舒缩反应”是我国生理学杂志上有关循环生理学的第一篇论文，而后开展的研究主要有以下几方面：

(1) 关于血管中枢，林可胜、易见龙等证明脑内存在加压区和减压区，并证实无脊椎动物也存在这两个区，这个结果为国际生理学界所重视。朱鹤年和卢于道于30年代首先应用立体定向仪探查与血压变化有关的脑区。徐丰彦证明交感神经中枢存在着机能上的分化。沈锷和杜焕基的鉴定延髓心血管神经元成为当时少数记录心血管神经元放电活动的实验之一。(2) 关于心血管反射，林可胜、徐丰彦等提出了窦内压和体循环动脉压之间的关系曲线，徐丰彦还提出"弥散性血管张力反射"的概念，张锡钧证明了迷走一垂体后叶反射，沈霁春和徐丰彦等观察了心血管各种反射之间的相互作用。此外，董承琅调查了1 200人的血压值，提出中国人的正常血压值比欧美人略低。不少学者对祖国医学中针灸和气功疗法提出了生理学理论解释。

70年代末以来的研究主要有以下几方面：(1) 心脏生理方面：心肌电生理（高天礼、刘远谋、吴博威、赵荣瑞、王云翔、王复周、徐有秋等）和心肌力学（宁学寒、李云霞等）；(2) 心血管活动的神经调节方面：应用针刺和药物相结合的方法（李鹏、姚泰、郭学勤等），以及对参与调节心血管的递质（梅林和韩济生等）和神经核团、通路（杨绍年、王绍等）进行的研究；(3) 心血管活动的体液调节（如心房利尿肽和内皮素等多肽）（汤健、何瑞荣、姚泰、吴建明等）；(4) 心脏活动的调控方面，工作主要集中在心肌的变力效应及其调节（臧益民、汤健、黄晓笛、李云霞等）和心肌生长的调整（李云霞、汤健等）。

神经、肌肉和神经肌肉接头生理学　周边神经：侯宗濂于20年代开始研究神经的兴奋性，批判了著名的Lapicque时值学说，并提出自己的标准时值学说。冯德培于1930年发现神经的结缔组织鞘为有效的弥散障碍物，而后对神经产热和神经传导中胆碱酯酶活动的研究都取得了出色的成果。范世藩、徐科等自60年代利用对虾大神经标本研究了传导速度、跳跃传导等问题，特别是跳跃传导现象为首次在无脊椎动物神经系统中发现。而后他们又开辟了蝎神经毒素的研究。

肌肉：史图博和梁之彦于1928年发表了"肌肉在各种不同的强直状态其重屈折所引起之变化的研究"，是我国学者最早的肌肉生理研究。30年代冯德培发现肌肉因拉长而增加代谢的新现象被称为"冯氏效应"。此外，对肌肉的兴奋性及渗透性（赵以炳）、肌肉的兴奋和收缩（范世藩）、蛙肌肉的兴奋收缩耦联（朱培闳）以及肌原纤维超微及分子结构（范世藩、陈明和黄世楷等）都有不少研究。

神经肌肉接头：30年代冯德培开辟了神经肌肉接头的研究，国际上公认他是神经肌肉接头研究的一位先驱者。50年代开展了接头的激动物和阻滞物的研究（刘觐龙、谭德培和徐科、施玉梁和沈克飞、于山平和刘传绩等）。70年代中期以后开展了从动植物中寻找作用于接头的活性物质（徐科、施玉梁等）。80年代起开始使用膜片钳和电子显微镜等新技术进行接头的细胞和分子水平的研究。90年代初冯德培又着手开拓中枢突触的细胞和分子生理学研究，并已取得初步成绩。

神经肌肉间营养性相互关系：这是60年代初冯德培新开拓的一个研究方向，他发现鸡的慢肌纤维去神经后有肥大现象，还证明神经对肌肉有独立于冲动活动的特殊神经营养性影响。

中枢神经生理学　汪敬熙是研究皮肤电反射的先驱者之一，这项研究是于20世纪初开始的。1964年他编写的《汗腺的神经调节》出版，他还发现了瞳孔收缩和扩张的皮层代表区。50年代末，中国科学院上海生理学研究所开始采用微电极记录技术研究中枢神经系统单位电活动，并在实验室使单个人

脑神经元在组织培养中存活142天。1961年在该所举办了一个神经生理训练班，对我国后来的神经科学发展产生了深远的影响。

疼痛与镇痛的机制：张香桐是我国针刺镇痛中枢机制和痛觉生理研究的开拓者，1964年他为获取第一手材料，自身躺在手术台上感受针刺镇痛的体验。他首先提出针刺和痛源在丘脑整合的假设，并有一系列研究成果，于1973年发表了世界著名的论文“针刺镇痛过程中丘脑的整合作用”，在国际上引起重要反响和高度评价。邹冈在60年代发现在家兔第三脑室周围灰质和中脑导水管周围灰质微量注射吗啡可产生明显而持久的镇痛效应，引起科学界的极大重视。韩济生从60年代后期开始在针刺镇痛的神经化学基础研究方面取得一些成果，为国内外所瞩目。我国针刺镇痛研究是在特定的历史条件下发展起来的，参加的人员很多，研究的面很广，研究课题按中枢神经系统的不同水平有：(1)感受器、外周传入纤维和脊髓传导束；(2)痛觉在脊髓水平的传递与调制；(3)脑干的调制；(4)丘脑、尾核和下丘脑的调制；(5)大脑皮层和边缘系统的调制；(6)参与痛觉调制的神经递质。研究硕果累累，有些研究已接近或达到国际水平，少数领域处于领先地位。

高级神经活动：50年代初巴甫洛夫条件反射学说在我国形成热潮。在赵以炳领导下，北京大学生理教研室广泛开展了高级神经活动的研究，并确定以抑制比较生理学为研究重点。梅镇彤研究了胼胝体、尾核以及GABA等对条件反射的影响。80年代以后，不少单位开始研究加压素神经肽及其改构物对学习记忆的作用。此外，在瞬膜条件反射的研究（杨伯仪等）、猕猴前额叶皮层的高级功能（徐秉煊、刘觐龙等）方面也都开展了不少研究。

边缘系统与下丘脑：30年代卢于道和朱鹤年在猫中脑顶盖部发现“怒叫中枢”。蓝书成在两栖类动物也取得同样成果。陈宜张等对下丘脑与应激，周绍慈等对边缘系统都有一系列研究。

睡眠问题：主要工作有猫的皮层睡眠型波的研究（王雨若等），儿童和青少年的睡眠脑电波记录（中国科学院心理研究所），睡眠、“睡眠因子”及24小时昼夜节律研究（刘世熠等）。

关于运动的神经控制：主要工作有大脑皮层锥体神经元的兴奋性发生和调控（吴建屏等）以及传向小脑的第三传入系统参与运动的调节（余启祥等）。

感官生理学　70年代中期以后视觉研究主要在中国科学院上海生理学研究所和中国科学院生物物理所开展起来。首先选择与生产实践有联系的课题，如灯光捕鱼和铁路信号灯等。80年代以后感官生理学有较大的发展，工作主要集中在：(1)空间分辨的心理物理学（刘育民、吴新年、郑竺英等）；(2)视网膜的结构与功能（杨雄里等）；(3)视中枢通路的信息加工（李朝义、寿天德、罗茀荪、刁云程、王书荣等）；(4)生物控制论和神经网络分析（孙复川、汪云九等）；(5)昆虫视觉（郭爱克、张少吾、吴卫国等）。

听觉生理的研究主要有：听觉辨别功能、听觉信息的编码模式、强噪声对听觉功能的影响等（梁之安）；临床听力学及听觉病理生理（北京市耳鼻喉科研究所）；药物等对耳蜗功能的影响（曾兆麟）；昆虫声源定位的规律（蒋锦昌等）。

内分泌与生殖生理学　20年代末，在林可胜发现“肠抑胃素”的同时，张锡钧等首次提出“迷走神经垂体后叶加压反射”也受到国际上重视。此外，关于甲状腺和甲状旁腺（蔡翘、徐丰彦、张锡钧、林树模等）以

及生殖生理学（林可胜、沈俊淇、吴宪、汪猷等）也有研究。30～40年代，胎盘乙酰胆碱的研究（张锡钧等），甲状腺、垂体、性腺之间的相互关系研究（朱壬葆等）都取得许多重要成果。50年代以后，程治平发现狗新鲜血液中有抑制ACTH降解因子。谢启文对针刺引起ACTH释放进行了系列研究。60年代初的最重要成果当属胰岛素的人工合成，赢得了国际学术界的赞誉（杜雨苍、张友尚、鲁子贤、邹承鲁等）。张明觉在国外对哺乳动物卵的体外保存、培养、受精、移植等都有重要贡献，有些成果被国际公认为先驱性的研究。张致一对两栖类和文昌鱼生殖内分泌的研究在性决定和性分化方面有重要突破。70年代以来，王志均在胃肠内分泌方面有重要贡献，第一次较详细地阐明了胃肠激素释放的自然刺激。王复周、朱运龙等对脑内胰岛素样物质也有不少研究。

神经内分泌的功能在20年代就有发现（朱鹤年、张锡钧、吕运明、程治平）。80年代以来的主要工作有：应激时下丘脑、垂体与血浆中加压素、催产素及β-内啡肽的变化研究（朱鹤年、林葆城等）；糖皮质激素及其受体（徐仁宝、陈宜张等）；垂体前叶功能的直接神经调节（鞠躬），饥饿和重饲时神经内分泌功能的改变及发生机理（谢启文）；褪黑激素；研究并提出“感受－内分泌细胞”新学说（彭树勋）；以及应用神经内分泌的机理成功地解决了梭鱼淡水不育症问题（河北省水产研究所）。

心肺内分泌学方面，汤健、唐朝枢等对心钠素、脑钠素、CGRP、内皮素等重要的心肺激素在心肺及其他组织中的分布、含量及代谢做了大量基础性的工作。

70年代后期，由于人口控制的迫切性，生殖生理被提到十分重要的位置，研究工作主要涉及：(1) 精子、排卵、卵运行、受精等（王一飞、刘以训、谢衷明等）；(2) 着床（张致一、张崇理、柳建昌、李伟雄、陈惠玲等）；(3) 生殖功能的调节（程治平等）；(4) 抗生育的研究（刘学高、卢惟剑等）。

比较生理学　无脊椎动物生理学的研究对象非常广泛，很多门类都有涉及，主要研究有：草履虫的生殖和生长繁殖、四膜虫的生长繁殖（陈阅增、张作人、曹同庚等）；蜚蠊感受器电反应（陈德明和张人骥等）；昆虫复眼的结构与功能（刘育民、吴卫国等）；昆虫信息素（陈德明、仇序佳、陈梅英、郑哲民等）；乌贼的趋光性（郑美丽、郑微云等），蟹视网膜电图的昼夜节律（杨雄里、郑微云等）；海兔5-HT神经纤维的研究（张致身等）；文昌鱼的生殖内分泌（张致一、张崇理等）。

鱼类生理学：伍献文等早在30年代对鱼的生殖、呼吸以及代谢等机能做了一些研究。50年代以来，对鱼的视觉（何大仁、杨雄里、郑微云等）、听觉（申钧、黄玉霖等）、嗅觉、味觉与摄食行为（康洁生、黄溢明、周洪琪等）都有研究，还有硬骨鱼延髓中M细胞的电生理（张英才等）以及生殖内分泌研究（林浩然、中国科学院动物所和中国科学院上海生化所）等。在此基础上成功研制了高活性的新型鱼类催产剂，被誉为“鱼类人工催产的第三个里程碑”，在国际上被确定为“林彼方法”（Linpe method）。

两栖类生理学：主要的研究有：草蛙肌肉的生理特性（黄溢明）；蛙和蟾蜍的发声器及其神经支配（蓝书成等）；大鲵的鸣叫反应和皮肤腺体分泌（蓝书成）；大鲵和蟾蜍的心电研究（席长瑄、黄伟秋等）；海蟾蜍夏眠的代谢（林浩然等）；几种蛙在繁殖季节的性激素含量测定（胡增高等）。

爬行类生理学：80年代起王昭贤对中华鳖和扬子鳄的呼吸、心血管和生殖做了系统

研究。鳄的心电和生殖（广西师范大学）；扬子鳄的代谢率与活动季节变化的关系（陈壁辉）；蜥蜴的体温调节、代谢特点以及冬眠活动的规律（王培潮和李仁德）；蛤蚧发声（蓝书成）；乌龟心脏内分泌（陈其才）等方面都进行了一些研究。

鸟类生理学：50 年代起，蓝书成比较研究了鸣禽与非鸣禽的发声行为，证明鸟类发声控制的右侧优势现象不仅在中枢而且在外周也存在，这在人类以外尚属首次报道。而后，他们还研究了鸟的消化、呼吸和心血管生理，工作有一定的特色和独创性。此外，对家鸽上纹状体的功能（邓超等）以及家禽的消化营养、体温调节、能量代谢、生殖和内分泌等方面（农业院校）都有一些工作报道。

哺乳动物生理学：40 年代由赵以炳开始的哺乳动物冬眠生理学研究已被认为是冬眠生理学的经典工作，而后蔡益鹏在赵以炳的指导下研究达乌尔黄鼠的冬眠问题，系列实验证明动物入眠的神经机制可能是取决于 NE/5-HT 两系统活动强度比值的降低，从而动摇了 70 年代以来国际公认的入眠是由于5-HT 活动增强的论点。除冬眠动物外，对高原鼠兔和中华鼢鼠（王祖望等），高原鼠和根田鼠（王德华和王祖望），水貂（刘季科等），树鼩（李永材等），猕猴（蔡景霞、梅镇彤、刘觐龙等），大熊猫（叶志勇、董全、陈大元等）以及雄麝（尹淑媛等）的各方面机能也都做了一些研究。

应用生理学　环境生理主要包括：（1）高温生理：重点研究高温的生理影响、人体耐受限度、提高耐高温能力和防止热损伤的措施等（杜桂仙等）；（2）低温生理：重点研究机体对寒冷的反应、人体耐寒指标、冷适应以及冻伤发生机理等问题（刘恩波、杨泽田等）；（3）高原生理：重点研究高原环境下的生理变化（青海省高原医学研究所、第三军医大学、18 医院等单位）；（4）极地生理。

水下生理主要研究内容有：（1）空气常规潜水生理（叶甲壬、龚锦涵和魏元良等）；（2）氦气潜水生理（叶甲壬等，刘景昌等）；（3）饱和潜水生理（龚锦涵、王恒星、石中瑗等）；（4）潜艇生理和水下脱险的生理学（叶甲壬、蒋忠新、周森衍等）；（5）高压氧生理（海军院校及南通医学院等单位）。

航空生理的研究内容有：（1）高空生理（贾司光、廖德三、卢子和、贺登焰、张立藩、罗尚功等）；（2）温度生理（庞诚、袁修干、余成龙等）；（3）加速度生理（刘光远、俞梦孙、曾宪英、王璇、国洪章、谢宝生、白净等）；（4）冲击、振动与噪声的生理效应（庄祥昌、汪芳子、刘建忠等）；（5）前庭生理（陈祖荣等）；（6）飞行工作负荷与疲劳（陈定一、陈信、金璋瑞、国洪章等）。

航天生理主要研究内容有：（1）生物火箭试验（王修壁等）；（2）失重生理（向求鲁、张立藩、陈杰、杨天德等）；（3）胸背向超重（刘光远等）；（4）生保系统生理学问题（贾司光、张汝果等）；（5）航天工效问题（姜淇远、龙升照等）；（6）其他航天环境因素（钱维权、刘建忠、张瑞钧等）；（7）航天人员生理心理功能评定（王德汉、刘觐龙等）。

运动生理与劳动生理主要研究内容：（1）关于体力活动的能量消耗（倪慧、谢锦光、张立藩、廖国柱、陈家琦等）；（2）关于劳动或运动的负荷强度（郭光、于永中、陆绍中、杨天乐、乔居庠等）；（3）关于有氧和无氧的工作能力（乔居庠、陈文培、陈绍中、杨奎生、周懿芬、缪素坊等）；（4）运动条件下肌纤维组成及超微结构研究（陶心铭等）；（5）体力负荷下的肌电图（尹吟青、刘善云、贺春晓等）；（6）体力活动对心血管机能的影响（高云秋、刘慧荣、高崇立、陈文堉、张问礼等）；（7）关于疲劳（冯炜权、华明、曹

国华等)；(8) 运动时酶、激素的变化(许豪文、王志平、杨则宜、周东坡、韩晓霞等)。

临床生理：50年代以前主要进行了正常人生理数据的测定，如血压、体重与身高(董承琅)，血型(杨淑雅等)，肺活量(蔡翘、吴襄等)，睡眠与醒觉状态基础代谢(彭子富等)，皮肤电阻力(刘思职、吴宪等)。50年代以来，主要研究内容有烧伤输液(陈宜张等)，断肢再植(卢振东等)，肺功能与血气分析(张琪等)，气功的机制分析(徐丰彦等)，针灸机制(李鹏等)，心输出量(吕景新、何瑞荣等)，心脏电生理(徐有秋、赵元淮、崔启文、赵荣瑞等)，心脏功能的评价(臧益民、朱妙章、董秀珍、王复周、陈尚恭、佟振清、陈槐卿等)，心脏缺血(薛振南、陈杰等)，起搏电生理(朱思明等)，针刺对心血管生理的影响(李鹏、郑煜、徐美丽等)，放射、烧伤对心脏功能的影响及其机理(肖家思等)，关于呼吸生理的研究(张立藩、张荣、李志学、李兵林等)，关于胃电图的研究(徐光尧等)。

家畜生理：主要是在50年代以后发展起来的。南京农业大学和北京农业大学为发展我国家畜生理做出了重要贡献。南京农业大学在韩正康领导下在消化生理、泌乳生理、粗饲料营养价值、肠内微生物消化、家畜营养过程(采食、消化、代谢)的调节机理、激素和受体激动剂的作用、提高瘦肉率和生殖与内分泌等方面持续地进行深入的研究，取得了许多重要成果，达到了国际同类工作的水平。北京农业大学在周大澄、杨传任的领导下研究了鸭的消化代谢、神经内分泌和激素在生长发育中的作用，都取得了有意义的成果。江西农大向土寿开展了家畜生长代谢、微量元素对母鸡生殖激素和产蛋的影响研究。此外，在家畜育种(邹峄等)、家畜高级神经活动(张祥珍)、地方猪和家禽的消化和营养生理(倪仕澄)等也都有一些研究成果。

在20年代以后的70年中，国际上的生理学发展迅速，而在我国却经历了几个断续发展的阶段。最初的10年，生理学有一个良好的开端，有些研究成果令世人瞩目。30～70年代的40年中由于多种历史原因严重影响我国生理学的发展，明显拉开了与国际先进水平的差距。近20年我国生理学者奋起直追，使生理学有了前所未有的发展。

21世纪的我国生理学必将有一个更大的发展，从总的趋势来看，生理学在细胞和分子水平上的研究结果必须整合到整体水平，以便更深入、更全面地解释各种生理功能。为了使我国生理学在21世纪更快速地进入国际先进行列，可考虑以下几方面作为重点：(1) 已经具有和接近国际水平的领域；(2) 目前尚属空白的领域；(3) 理论上和应用上有重大意义的领域；(4) 国际上的研究热点和趋势；(5) 具有我国特色的领域等。

参考文献

中国生理学会编辑小组:《中国近代生理学六十年》，长沙：湖南教育出版社，1986。

王志均，陈孟勤主编:《中国生理学史》，北京：北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社，1993。

(萧信生　吴馥梅)

组织学

(Histology)

组织学是解剖学的一个分支科学，它主要是用显微镜观察细胞和组织，研究机体微细结构及其相关功能的科学，故又称显微解剖学(Microscopic Anatomy)。组织学的发展若以显微镜的发明(荷兰光学匠师Janssen，1590)或“细胞”的发现(英国人Hooke，1665)为起点，至今约有400年或350年的历

史。17 和18 世纪是组织学发展的初期阶段，欧洲一些学者开始研究机体的组织结构，如意大利人Malpighi（1628～1694）描述了脾、肾、肺、皮肤等的结构，荷兰人Leeuwenhoek（1632～1723）发现精子、红细胞、肌纤维、神经细胞等；还有如Glisson 描述肝的结构，Peyer发现回肠集合淋巴小结，Fabricius 发现腔上囊，Brunner 发现十二指肠腺，Havers 发现骨哈氏系统等，以及德国人Wolff（1733～1794）观察精子和卵子，提出胚胎发生的“渐成论”学说。

19 世纪的科学技术进步很大，显微镜及切片和染色技术不断提高，组织学进展较快。法国人Bichat（1771～1822）观察人体组织，将不同质地的组织物称为“tissu”（法文意为“组织”），并发表“膜的研究”（1801）一文，将人体组织分为21 种。德国人Meyer 于1819 年将组织归纳为 8 种，并首先应用“Histology”一词。19 世纪生命科学中的重大成就和理论也推动了组织学的发展，如德国人von Bear（1792～1876）开创比较胚胎学研究，提出动物进化的“von Bear”法则，并发表《动物的进化》（1828），Remark（1815～1865）提出三胚层学说，英国人Darwin（1809～1882）发表《物种起源》（1859），德国人Schleiden（1804～1864）和Schwann（1821～1902）于1838～1839 年共创细胞学说，德国人Vichow（1821～1902）提出细胞病理学说（1858），奥地利人Mendel（1822～1884）提出细胞遗传定律（1865），德国人Weismann（1834～1914）提出生殖细胞“决定子”代代相传的“种质学说”，德国人Roux（1850～1924）和Hertwig 开创实验胚胎学研究等。组织学研究也随之不断拓展和深入，学者们在观察组织和器官中陆续发现一些细胞和结构，有的以作者姓氏命名，如神经纤维的Schwann 细胞，睾丸的Sertoli 细胞和Leydig 细胞，视网膜的 Müller 细胞，表皮的Langerhans 细胞和Merkel 细胞，大脑Betz 细胞，小脑Purkinje 细胞和心脏的Purkinje 纤维，神经元Nissl 小体，肝Kupffer 细胞和Disse 间隙，肺Kulschitzky 细胞等；还有如骨的Vokmann 管和Sharpey 纤维，神经末梢中的Pacinian 小体和Meissner 小体，有髓神经纤维的Ranvier 结，胃肠壁内的Meissner 神经丛和Auerbach 神经丛，肾脏的Henle 袢和Bowman 囊，胸腺的Hassall 小体，舌的von Ebner 腺，嗅粘膜的 Bowman 腺，眼的Schlemm 管，眼睑的Moll 腺，内耳的Corti 器，牙的Tomes 纤维和Owen 线等。至19 世纪中期和后期，欧洲一些国家先后出版发行解剖学、组织学期刊和著作，有的至今仍继续发行和修订出版，已有100 多年历史。

20 世纪是近代和现代科学技术蓬勃发展的时期，组织学也随之进展迅速。普通光学显微镜性能不断提高，分辨率达到0.2 μm，放大率达到2 000倍；并先后研制成暗视野显微镜、偏光显微镜、荧光显微镜、相差倒置显微镜等。一些特殊染色方法和技术成功应用于组织学研究，如银、金、铅等重金属溶液浸镀法，三色染色法，血管灌注术及活体和活细胞染色法等。组织冷冻切片技术的发明促进了组织化学技术的研究和应用，蛋白质、酶、碳水化合物、脂类、核酸等多种组织化学显色法应用于组织学研究；Caspersson 于40 年代发明的细胞分光光度计用于分析细胞内核酸等化学成分的含量，进一步提高了组织化学的研究水平。德国人Knoll 和Ruska 于1932 年研制成功的透射电子显微镜，是细胞学和组织学技术的一大飞跃，它使微细结构的观察突破了光镜分辨率的极限，达到0.2 nm，放大率可达10 万倍甚至数十万倍。组织培养技术起始于Harrison 和Carrel 建立的经典方法；40 年代制成人工

培养基，继而胰蛋白酶、胶原酶、DNA 酶等先后被提纯并用于分离细胞、克隆细胞及细胞株的建立，细胞培养技术逐渐广泛应用于生命科学的各个领域。显微放射自显影和荧光技术也是在40 年代创立的。这些技术的发展和应用使组织学的研究于 50～60 年代达到鼎盛时期。有关各种细胞、组织和器官的光镜结构与超微结构，细胞和组织的化学成分的定位和定量，各类细胞的结构与功能的阐述等，资料日益丰富和精细。20 世纪60 年代以前的组织学研究的重大成就，如意大利人Golgi(1843～1926)和西班牙人Cajal(1852～1934)关于神经组织和大脑结构的研究，获1906 年诺贝尔奖(生理学/医学奖，下同)；俄国人Metchnikoff (1845～1916) 关于吞噬细胞功能与机体防御机制的研究，获1908 年诺贝尔奖；比利时人Claude (1899～1983) 率先研究细胞超微结构，建立分离细胞亚微成分的差速离心法，美国人Palade (1912～) 研究细胞内质网、核糖体与蛋白质合成的关系，比利时人de Duve (1917～) 发现溶酶体和过氧化物酶体，三人开创了细胞生物学研究而同获1974 年诺贝尔奖。其他重要研究成果：如胰岛细胞和胰岛素的发现(加拿大人Banting 和Macleod 获1936 年诺贝尔奖)，肾上腺皮质的结构及其分泌的激素(瑞典人Reichstein 等获1950 年诺贝尔奖)；还有如胃肠内分泌细胞和胃肠激素，神经纤维的溃变和修复，浆细胞分泌抗体，淋巴细胞再循环，骨骼肌纤维超微结构及其收缩机理，松果体内分泌功能，肾小球旁器细胞，肝腺泡结构等。

60 年代至今约40 年，是科学技术高速发展的时期，也是生命科学突飞猛进并向分子水平发展的时代。于此时期，新技术的涌现和应用有力地推进了细胞学、组织学等的进展。60 年代初兴起的免疫组织化学是一项重大的技术创新，先后建立的荧光标记、酶标记、胶体金标记以及生物素－抗生物素法至今仍广泛应用，方兴未艾；其间德国人Kohler和英国人Milstein 于1975 年建立的杂交瘤制备单克隆抗体技术(获1984 年诺贝尔奖)是一项具有重大意义的发明。60 年代建立冷冻蚀刻、冷冻割断电镜技术，制成扫描电镜，70 年代制成超高压电镜、分析电镜等，这些技术的应用从不同角度和水平可更深入地观察研究细胞和组织的超微结构。电镜技术与其他技术相结合，如电镜组织化学、电镜免疫组织化学、电镜放射自显影等，又可从超微结构水平研究细胞结构和功能的相关性。细胞的定量分析技术也有很大进步，流式细胞光度计、图像分析仪、激光扫描共聚焦显微镜等应用于细胞学、组织学研究，并与电脑技术相结合，可微量、精确、快速、动态地测定细胞微细结构变化、细胞动力学，细胞内离子、受体、蛋白质和核酸等的定位与定量，研究细胞膜通道和信息传递以及细胞分层扫描和三维重建等。70 年代兴起的分子生物学技术是生命科学发展的新里程碑，核酸分子杂交是其中的一项基本技术，细胞学和组织学研究应用的原位杂交组织化学技术，可直接观察和确证某种细胞内一种基因的存在和表达活性。60 年代以来在细胞学和组织学与其他诸多学科的交叉研究中，不断涌现具有重要意义的研究成果，如发现植物凝集素可刺激淋巴细胞转化，开创了淋巴细胞作为免疫系统核心成分的研究新起点；胸腺培育T 淋巴细胞的重要功能；骨髓移植实验的脾集落形成，证明造血干细胞的存在；单核吞噬细胞学说的提出；激素作用于靶细胞的第二信使机制(美国人Sulherland 获1971 年诺贝尔奖)；神经元轴突终末内的突触素与突触小泡释放递质的关系；诸多生长因子的提纯及其分泌细胞的发现，其中如下颌下腺分

泌的神经生长因子和表皮生长因子（美国人Cohen获1986年诺贝尔奖），成纤维细胞生长因子，转化生长因子，内皮细胞生长因子，血小板源性生长因子，肝细胞生长因子等；诸多神经肽类物质的发现和提纯及其分泌细胞，如高血糖素、生长抑素、脑啡肽、P物质、降钙素基因相关肽、心钠素等；APUD系统与弥散神经内分泌系统（DNES）的提出；诸多细胞因子、粘连因子和信息分子的发现，如NO在信息传递和心血管调节中的重要作用（美国人Furchgott等获1998年诺贝尔奖）。以细胞工程和基因工程为主体的生物工程，是当前生命科学研究中最引人注目的动向，并已渗透到生命科学的各个领域。组织学的一些基本问题的解决，诸如细胞增殖和分化的调控及组织工程的发展和应用等，无不奠基于生物基因组的最终破译。

我国现代解剖学、细胞学、组织学和胚胎学等的发展均起始于20世纪初，比欧美国家晚200多年。19世纪末或20世纪初，西方文化及医学教育输入我国，在北京等地开办医院和医学院，开设人体解剖学（包括组织学和胚胎学）课程，我国少数学者也开始出国学习。1910年起，我国少数几位解剖学、组织学家开始编译人体解剖学和组织学等著作。汤尔和（1879～1940）是开创我国人体解剖学、组织学事业的一位主要先驱者，同时也是我国早年的一位医学教育家。他于1910年从日本留学归来，受政府委托组建了我国第一所国立医学校北京医学专门学校（北京大学医学院的前身），任校长10年，并讲授人体解剖学、组织学和胚胎学，编译《精撰解剖学》、《组织学》（1915）等著作。他在以后任政府教育总长时期，还逐年派出学生留学德国，培养了若干位解剖学家和组织胚胎学家。我国的组织胚胎学发展可分为20世纪前50年和后50年两个时期。从20年代起，一些学者先后赴欧、美、日留学深造，归国后成为我国第一代组织胚胎学家，他们是马文昭（1886～1965）、张鋆（1890～1977）、鲍鉴清（1893～1982）、范承杰（女，1895～1986）、王有琪（1899～1995）、张汇泉（1899～1986）、鲁子惠（1899～2000）、臧玉佺（1901～1964）、魏恩临（1901～1986）、崔之兰（女，1902～1971）、卢于道（1906～1985）、张作干（1906～1969）、许天禄（1906～1990）、陆振山（1910～1998）、汤不器（1910～1980）等，还有两位实验胚胎学的开创者朱洗（1900～1962）和童第周（1902～1979）。他们与他们的一些早年的学生们，在艰难的环境中坚毅不舍，孜孜不倦，从事医学和生物学教学，建立研究室，开展细胞学、组织学和胚胎学研究，卓有贡献，并为我国培养了大批新一代学者，为后50年的学科建设和发展奠定了基础。

1950年起，我国的组织学发展步入一个新的时期。医学院校普遍设立了组织学、胚胎学学科，大学生物学系也开设组织学专业，师资和技术队伍蓬勃壮大。老一辈组织学、胚胎学家与新成长的学者们共同努力，教学水平逐年提高，编著和译著渐多，科学研究活跃，学科进步显著。组织培养、组织化学、放射自显影等新技术开始建立并逐渐推广应用，电子显微镜也是在50年代末开始引进并用之于研究的。50年代及至60年代初期也有一些有意义的学术成就，如马文昭（1956年当选为中国科学院学部委员）研究磷脂类增强细胞结构和功能及其抗吗啡中毒的临床应用，总结编著了《磷脂类对组织的作用》；鲍鉴清较早地开展组织培养和电镜技术的研究，编著《组织学技术》、《组织培养术》等；王有琪研究组织分化及神经形态学，主编全国第一部统编教材《组织学》（1960）；臧玉佺研究中枢神经系统结构，著有《中枢神经

系统传导通路》(1952) 等；张作干较早地开展组织化学技术的研究，著有《各种因素对骨骼结构发育的影响并论及畸形成因》(1960) 等；还有如李肇特 (1913～　) 关于骨折、烧伤及针刺麻醉的细胞学和组织学的基础研究；薛社普 (1917～　) 关于细胞学的研究，并应用放射自显影技术研究否定了名噪一时的"活质学说"；郑国章 (1920～1979) 应用银染技术研究神经末梢等。但从60年代中期至70年代末，由于众所周知的原因，我国科学教育事业发展受到严重挫折，组织学进展也几乎呈停顿状态。

80年代初至今20年，我国科学教育事业蓬勃发展，进步神速，组织学也随之快速进展。至今从事医学组织学（包括胚胎学）教学与研究的约2 000人以上，其中包括从50年代开始从事组织学事业的资深教授100余人，他们是新中国成立后成长起来的新一代组织学、胚胎学家，在学科建设、人才培养、科学研究、著书立说等方面均有各自的成就，为我国组织学发展起了承前启后的历史作用。于此时期，大批中青年学者茁壮成长，包括博士100余人，硕士500人以上。新技术、新设备推广迅速，细胞培养、同位素示踪、组织化学、电子显微镜、免疫组织化学和原位杂交等新技术已广泛应用；开展蛋白质和核酸提取分析，标记单克隆抗体和探针制备；图像分析仪、流式细胞仪、激光共聚焦显微镜等先后用之于研究，进行细胞和组织微细结构、生化组分的微量与动态变化测定，研究结构与功能的关系。近年还开展了细胞克隆、基因克隆、基因转染、转基因动物等实验。近10多年的研究成果相当丰硕，有的具有鲜明特色和创新性，逐渐接近国际先进水平。诸如：人大脑皮层的细胞构筑，神经细胞的分离及脑内移植，神经胶质细胞的分离培养及其基因表达性能，脊髓损伤后的再生修复及其针刺效应，神经营养因子的提纯、基因重组及其应用；下丘脑神经内分泌细胞的基因表达与神经联系，内分泌腺分泌激素的细胞定位，垂体内几种肽能神经末梢的发现及其与腺细胞的关系，胰岛细胞分泌激素的基因表达，胃肠神经内分泌细胞的分化、类型、分布和性能；免疫器官微细结构及免疫细胞的分化，胸腺基质细胞的分离培养及其功能特性，淋巴细胞的分化与功能表达，巨噬细胞和树突状细胞的分离培养、基因表达和功能特性；心肌缺血和再生，血管平滑肌细胞的生物特性，内皮细胞分泌生物活性物质的基因表达，内皮细胞与血流生物力学；肝再生及其有关调节因子的作用，肝内细胞的分离培养及其功能特性，肝内免疫细胞与肝癌发生；肺泡上皮细胞分泌表面活性物质的基因重组及其应用；肾脏缺血和修复，肾小管上皮细胞的物质转运功能；胃溃疡的修复及相关基因的表达；血细胞发生的调节及中医药的作用与机理，血小板的性能与血管病变的关系，红细胞分泌去核因子的发现及其基因的分子生物学，肥大细胞的分化与类型；肿瘤细胞的生长分化及其相关基因的表达与调控；细胞凋亡与基因调控；卵细胞分化、精子发生中的基因表达与调控，棉酚和雷公藤等的抗生育作用，避孕药的作用机理与安全性，精子的凝集素受体与受精，男性生殖细胞cDNA文库的构建，附睾上皮细胞的特性与功能，节育和不育等相关问题；中医药治疗肝病、肾病、心血管病、肿瘤的有关细胞学和组织学研究，等等。从中可见，近些年组织学的研究逐渐向分子细胞生物学方向发展，并与疾病发生与防治的关系日趋密切。

近20年的组织学教材和科技图书的编著与出版也十分活跃。如全国性规划教材《组织学与胚胎学》第1～4版 (1978～1995) 及多种协编教材，多种组织学图谱、教学录

像片和多媒体课件。科技专著如《组织学》第1～3版（1983～2000），《组织学与胚胎学进展》（1987～1989），《组织化学》（1986），《实用组织学技术》（1982～1998），《组织培养技术》（1984），《电子显微镜技术在临床医学中的应用》（1989），《细胞生物学实用方法与技术》（1990），《男性学》（1991），《生殖医学》（1992），《实用免疫细胞化学与核酸分子杂交技术》（1994），《原位杂交》（1995），《组织培养与分子细胞学技术》（1995），《医学细胞与分子生物学》（1995），《一氧化氮的生物医学》（1997），《实用非放射性生物学实验技术》（1997），《现代细胞化学技术及其在中西医药中的应用》（1998），《发育神经生物学》（1999），《基础分子细胞生物学》（2000）等。21世纪将是信息科学和生命科学的时代，组织学研究必将与其他学科更密切地相互渗透和交叉，向更深层次的细胞水平和分子水平方向发展。

参考文献

成令忠：组织学发展概况，见：成令忠、钟翠平、蔡文琴主编：《现代组织学》，上海：科学技术文献出版社，2003。

许屏主编：《荧光和免疫荧光染色技术及应用》（第二版），北京：人民卫生出版社，2000。

蔡文琴，王伯云主编：《实用免疫细胞与核酸分子杂交技术》，成都：四川科技出版社，1994。

（成令忠）

组织化学
(Histochemistry)

组织化学是组织学的一个分支学科，是从古老的“显微化学”演变而来。在论及组织化学时，常常遇到与另一个术语“细胞化学”在词义上通用的问题。实际上，细胞化学是属于组织化学这一更广泛学科的一个分支，是研究细胞的显微和超显微结构的化学组成、鉴定及其定位，包括定性和定量分析的科学。而组织化学是研究组织中各种细胞内部和细胞间的化学组成、鉴定及其定位和定量分析的科学。随着现代生物科学各学科之间交叉融合和发展，组织化学和细胞化学的主要研究方法或研究对象已无明确的区别界线。二者区别仅是，在组织和细胞两个不同层次和水平为研究对象而已。一般把细胞内结构的化学组成、分布和量的分析列入细胞化学，而组织的显微切片中通过各种化学物质专一性的化学反应而显色的，则划为组织化学，这种染色不同于一般的利用酸性或碱性染料达到着色为目的的组织学染色，有其特有的明确着色原理和化学机制。因此，在问及什么是组织化学时，常阐述与细胞化学同样的定义，即组织化学和细胞化学是组织学、细胞学、生物化学、分析化学、免疫学、物理学和分子生物学等学科之间的边缘学科，其目的在于运用这些学科的原理和技术研究各种各类的化学物质和生物大分子在组织和细胞中的鉴定、分布、定位和存在的数量，为进一步认识细胞生理活动提供科学依据。组织化学和细胞化学不仅是科学，也是技术学。

20世纪初期，国内就有人利用碘颜色反应显示淀粉和用普鲁士蓝(prussian-blue)显色鉴定铁的成分，这是早期组织化学的分析实例。一般公认近代组织化学始于比利时学者Lison在1936年出版的《动物组织化学》一书以后，他在著作中详细阐述和分析了组织和细胞中许多化学物质的染色反应原理和方法。细胞化学则是瑞典人Caspersson于1940年用紫外吸收光谱分析细胞内核酸和美国人Claude及Dounce于1943年分离研究细胞核基础上发展起来的。在1940年前后，发明了在组织切片中测定磷酸酶、脂酶等水解酶的

方法，开辟了酶的细胞化学研究的新篇章。40年代，一些在欧美国家留学的中国学者学习和掌握了组织化学理论和技术，留英学者姚鑫用组织化学和细胞化学方法研究了蛋白质*SH*基团和核酸在果蝇卵细胞中分布以及果蝇胚胎发生期间碱性磷酸酶分布和活性与组织溶解的相关性，成为中国近代组织化学和细胞化学研究的先驱者。20世纪中期，生物化学、生理学、细胞生物学等学科有了长足的进步，这些研究成果丰富了对生命科学的认识，开始从描述性形态学转向研讨生命物质的结构和功能。新中国成立后，在中国科学院上海实验生物研究所工作的姚鑫及其工作组进一步应用组织化学理论和方法研究了果蝇变态过程中碱性磷酸酶的活性和变化；开展了实验肿瘤研究，特别是甲状腺瘤发生和恶变过程中DNA和RNA的变化；定量分析了化学诱发肝癌及移植性肝癌的琥珀酸脱氢酶变化。1957年姚鑫发表了“近代的组织化学和细胞化学”一文，详细地评述了组织化学和细胞化学的概念、研究方法及其对生命科学发展的贡献，推动和促进了中国组织化学的发展。组织和细胞内的化学成分和生物大分子都缺乏形态学特征和专一性的组织化学反应。但免疫学的发展，特别是发现了抗原—抗体特异性结合的原理，使结合显微形态学在原位显示生物大分子成为可能，通过化学反应使标记于抗体或抗原分子上的显示物质，如酶、金属离子、荧光素和同位素等显示出特定的颜色，以此在特异性抗原—抗体结合部位确定组织和细胞结构中化学成分或化学性质，在组织化学学科范畴内衍生出一门新兴而重要的免疫组织化学技术学。Coons等人于1942年首先选用异氰酸荧光素结合抗体，成功地定位被感染组织中的肺炎球菌抗原，开创了免疫组织化学的新时期。随着组织固定、抗体标记、显微镜光学和滤片系统等技术改进，免疫组织化学应用于组织病理学研究的报告数量剧增。在60年代初，上海、北京、厦门、杭州、吉林、武汉、昆明、西安等地的研究机构和大专、医学院校有许多报告，报道了应用组织化学和细胞化学原理和方法研究涉及生理、病理、癌变、发育、内分泌等领域有关核酸、蛋白质、多糖、脂类和酶的定量、定位和分布。50年代末，铁蛋白等重金属标记物结合抗体后，在细胞超微结构水平定位获得成功。国内也开始应用这一新技术于生物医学研究。因此，60年代初，中国的组织化学和细胞化学研究水平虽然与国际的有差距，但总体上相差不大。60～70年代，免疫酶标记技术和杂交瘤单克隆技术问世，是免疫组织化学理论和技术迅猛发展的时期。但当时中国的组织化学研究发展受到很大阻碍。70年代末，随着改革开放以及国际合作和学术交流活动的恢复，国家派遣不少学者去发达国家短期学习和进修；国外学者专家到国内访问讲学，传教组织化学和细胞化学先进理论和技术。80年代初，中国细胞生物学会组织了多次组织化学和细胞化学讲座，内容有“核酸电镜”、“制备单克隆抗体的杂交瘤技术”、“免疫酶技术及其在细胞生物学中的应用”和“植物酶细胞化学的电子显微镜研究方法”等。所有这些活动，不仅使我国受重创的组织化学得以复苏，也使先进的免疫组织化学在中国迅速发展奠定了基础。1983年中国细胞生物学会学术大会收到组织化学和细胞化学专业的论文摘要就有30余篇，涉及动植物、原生动物、寄生虫中各种化学物质，包括酶、激素、肿瘤抗原、神经传递物质等各种化学物质。1985年春，在昆明召开了第一次全国组织化学和细胞化学专业学术讨论会。当时，我国的电镜细胞化学理论和技术发展较快。由于铁蛋白分子量较大，不易穿透细胞膜和组织，

细胞内大分子定位较困难，因此免疫铁蛋白技术逐渐被胶体金和免疫酶技术所替代，特别是免疫过氧化物酶技术不仅标记物穿透性好，灵敏度高，而且可在光学和电镜两个不同水平进行观察。汤雪明教授的“超微结构酶细胞化学技术的建立和应用”一文概述了其方法简便、效果好和应用性强的特点。90年代以后，我国的组织化学和细胞化学，特别是免疫细胞化学理论和技术，已被广泛应用于生命科学包括涉及人类健康的肿瘤和疾病相关的多种学科的研究。其中肿瘤生物学和神经生物学得到较大发展，除了研究工作的论著外，一些组织化学和细胞化学，特别是免疫组织化学和免疫细胞化学的书籍也相继出版，使生物医学科研和教学工作者能有较完整的资料可查，中国的组织化学发展到一个新的高度。

80年代初，随着分子生物学和基因工程的DNA重组、分子杂交和探针标记技术的诞生和创新，利用核酸分子碱基配对互补原理，用预先整合有已知标记核苷酸碱基的重组DNA或RNA片段探针，在特定条件下解聚成单链以追踪和显示相应未知DNA或RNA片段，并结合组织化学技术，新兴起一门可在组织细胞原位显示某种特定基因或mRNA的定位、定量及其变化规律的原位杂交组织化学（*in situ* hybridization histochemistry）。这一技术具有一般分子杂交技术特异性强、灵敏度高的优点，也兼有组织化学和细胞化学染色可见性的长处，可应用于在分子水平分析和检测组织和细胞内特定基因表达、定位和定量。由此可见，百余年来，现代组织化学已由原初在组织和细胞水平经化学显色反应研究各种化学物质定性、定量和分布，随着细胞学、生物化学、显微和超显微形态学、免疫学和分子生物学等基础学科的发展，组织化学被重组、融合和渗透在生命科学的其他各学科中，不断产生出新的分支学科，特别是“免疫组织化学”、“原位分子杂交组织化学”都是经典组织化学分别吸收了免疫学和分子生物学的理论和技术并持有自身特点而发展起来的重要方法学，使组织化学的结构功能和代谢相结合，定性、定位和定量相结合的特点提高到基因和蛋白质的大分子水平。在方法学上，这一技术的微细原位的正确性和灵敏度都达到前所未有的高度，日益显示出这一古老学科具有强大的生命力和广阔的应用前景，为人们认识组织和细胞生命活动过程中的化学物质特性和变化做出了重要贡献。

参考文献

Yao，T.（姚鑫）：*Quareterly Jour Micr Sci.*，90：401～409，1949。

姚鑫：近代的组织化学和细胞化学，《动物学杂志》，1（1）：1～6，1957。

汤雪明：超微结构酶细胞化学技术的建立和应用，《细胞生物学杂志》，7（增刊）：3～14，1985。

郑一守，杨秀珍：《免疫细胞化学》，南京：南京大学出版社，1990。

倪灿荣：《免疫组织化学实验新技术及应用》，北京：科技出版社，1993。

（施渭康）

发育生物学

(Developmental Biology)

发育生物学是用分子生物学和细胞生物学方法研究个体发育机制的学科。它是在实验胚胎学基础上发展起来的。如果说实验胚胎学是研究发育中胚胎各部分间的相互影响，那么发育生物学是研究这种相互影响的实质是什么，是什么物质在起作用。从学科的范围看，发育生物学比实验胚胎学更为广泛，后者主要是研究胚胎期的发育，研究卵的受精和受精后的发育，发育生物学则研究

有机体的全部生命过程，从雌、雄生殖细胞的发生形成直到个体的衰老。从研究的对象看，实验胚胎学一般专指动物实验胚胎学。植物的发育和动物的发育虽有很大的不同，但都是从卵经过胚胎发育成为成体，在基本原理上有共同之处。所以，发育生物学既研究动物的也研究植物的个体发育。

发育主要执行两种功能，它在每一代中产生各种类型的细胞并把它们有序地组建起来，同时它保证生命从一代到下一代的延续性。因此，发育生物学要回答两个问题：受精卵如何产生成长的个体，而这个成长的个体又如何再产生另一个个体。传统地说，这两个问题可以划分为发育生物学的四个课题：(1) 分化：受精卵是一个细胞，它产生数百个不同类型的细胞——神经元、表皮细胞、肌肉细胞、血细胞、脂肪细胞等。这种不同类型的细胞的产生称之为分化。因为，个体的每一个细胞包含相同的基因，需要了解的问题是相同的基因组成如何能产生不同类型的细胞。(2) 形态发生：分化的细胞不是随意分布的，而是组成各种复杂的组织和器官，这些器官有序地排列成一定模式的过程称为形态发生。细胞如何组织它们自己形成正确的排列？(3) **生长**：细胞如何知道分裂该在什么时候停止？(4) **生殖**：精子和卵都是特化的细胞，只有它们能够将信息从一代传递到下一代。它们是如何被指定形成下一代？它们细胞核和细胞质中的信息又如何使它们具有这种功能？最近重新强调的课题是进化。20世纪的后期，发育生物学又回到了一个世纪以前的论断：发育和遗传、进化再度结合。进化包括发育中遗传的改变，发育中的改变如何创造新的类型？为了机体在发育中生存的需要，哪些遗传的改变可以保留？

20世纪我国在发育生物学（动物方面）的主要成就有以下方面：

一、卵的成熟和受精

朱洗用蛙天然产的卵进行卵成熟程度和受精的研究，发现蛙卵的成熟可以分为不够成熟、适当成熟和过分成熟三个阶段。这三个阶段之间还有过渡的阶段。成熟程度不适当，受精之后不能有良好的发育。在正常情况，卵何时由卵巢排出，何时进入输卵管，何时成熟，都一环一环扣得很紧，因而用天然产卵的蛙进行实验，要得到早期不够成熟的卵是比较困难的。朱洗和他的学生改用实验的方法，注射脑垂体匀浆液诱发体外排卵，通过控制垂体匀浆液的注射量，可以获取各种不同程度不够成熟的卵。

在整体动物，垂体激素可以促使卵成熟并排出，但是垂体激素是否也能对离体的卵巢块起这样的作用呢？经过大量的实验，答案是肯定的。离体卵巢块排出的是裸卵，卵不被胶膜包裹，而在整体当卵经过输卵管时外被胶膜包裹。利用这样的裸卵做实验，可以随时观察，可以知道在某种温度下卵离巢的确切时间。而且，利用裸卵可以对体内和体外排卵和成熟进行比较。

离体排出的裸卵虽然在研究卵成熟的问题上有其优点，但是它们不能受精。自整体腹腔中取出的卵，以及去除胶膜后的卵都不能受精；另一方面，由于激素不足而被排出不够成熟的卵，进入输卵管裹上胶膜后却可以受精，但不能发育。根据这些，可见蛙的受精不是卵成熟与不成熟的问题，而是卵外有无胶膜的问题。根据进一步的实验，朱洗提出了三元论，认为受精应当从三方面考虑：卵本身的成熟程度，精子的活力也就是精子的成熟程度，以及受精的环境条件，诸如温度、胶膜等。朱洗是国际上第一位提出，主宰受精的物质不是来自生殖细胞本身而是来自体细胞（输卵管）。

人工单性繁殖　1958～1959年用中华

大蟾蜍(*Bufo bufo gargarizans*)离体成熟卵作实验材料，用改进的涂血针刺法得到了一批发育正常并完成变态的小蟾蜍。后来发现达到性成熟的单性发育的雌蟾蜍，注射激素人工催产后，可以正常产卵，所产的卵经人工授精后还能正常发育，繁殖出一大批“没有外祖父的小蟾蜍”,从而证实单性发育的蟾蜍具有传种接代的能力。

混精杂交 朱洗用桑蚕进行混精杂交研究。混精杂交就是一项既有理论意义又有实践价值的工作。混精杂交，在多数动物由于种种原因不易实施，但是，家蚕品系多，各有明显的特征，而且是多精受精，在交配过程中，随时可以拆对调换雄体，使多种精子储存在蓄精囊中，待卵经过产孔时受精。所以家蚕是研究混精杂交的理想材料。朱冼曾进行过一项规模大而内容庞杂的实验，所用家蚕有14个品系，杂交子代的茧形、茧色都有很大变化，这些变化都值得进一步从遗传学的角度进行探讨。这项工作，对生产实践也提供了有价值的资料。重复交配有一定的优越性，纯品系自交时，多次交配要比一次交配增加结茧量；单杂交时也是多交比单交好，结茧量增加10%左右；另外，异品种混精杂交在受精率、孵化率和结茧总量各方面都比单杂交的好，混精杂交的后代中时常发现特大的茧子，可以作为育种的基础，这一点在实践中已被应用。

蓖麻蚕的驯化和推广 蓖麻蚕原产印度，最初引进实验室是因为这种蚕是多化性的，不像桑蚕每年只可养一代或两代，作为实验材料可以做更多的工作。这种多化性的蚕要在上海饲养首先要解决的问题是越冬的问题。我国的樗蚕和蓖麻蚕有一定的亲缘关系，它是以蛹过冬的，但是茧皮是棕色的，质量较差。这两种蚕杂交后代具有生殖能力，第一代的杂种的茧色介于两亲本之间，使第一代杂种自交，五六代后出现了白色可以越冬的茧子，继续定向选择终于选出了茧质好又以蛹越冬的品种，解决了越冬的问题。接着，又从控制湿度方面解决了孵化等一系列推广前必须解决的问题，终于先在广东、广西推广，后来成为农村的一项新副业，为国家提供了一种天然纤维。

家鱼人工繁殖 和蓖麻蚕的工作一样，对家鱼人工繁殖，朱洗从生殖发育规律的研究出发，归结到成熟和受精等问题。青、草、鲢、鳙这四种经济价值很高的家鱼在我国长期以来未能做到真正的家养，因为传说它们在家养池塘中生殖腺不能发育，所以不能繁殖。这几种家鱼的生态特点是在春夏之交江河水涨的时候逆流而上，在一定地点产卵，渔民每年这时都要到江河收购野生鱼苗进行饲养。朱洗经过在浙江现场的实验以及实地考察，了解到某些河塘饲养的家鱼怀有发育良好的卵巢，决定采用激素催产获取成熟卵的方法，在浙江省水产厅的协作下，试验取得成功。后来建立了一套用绒毛膜促性腺激素催产和人工授精的方法。这样生产的鱼苗可满足养殖的需要，使每年耗费资金和人力到江河采购鱼苗已成为历史。

在进行家鱼人工繁殖的整个过程中，朱洗体会到国内需要一本鱼类生殖生物学的参考书，以供青年科技人员学习。没等他完成这本书稿，他就病倒了，但他仍坚持在病榻上写完该书的前八章节。2000 年在朱洗诞辰100 周年的时候，这本书《鱼类的生殖及子代的发育、生长与变态》出版了，以纪念这位杰出生物学家对我国科学事业以及经济建设所做出的贡献。

影响卵成熟与受精的因素 左嘉客在朱洗用中华大蟾蜍作为实验材料时就发现，上海附近的蟾蜍需经过一段低温的期间，卵才能成熟。左嘉客利用离体蟾蜍卵块，观察孕

酮处理后卵成熟的反应。经冬眠的蟾蜍的长足卵母细胞在孕酮处理下，细胞质内出现促成熟因子（MPF），引起生发泡破裂(GVBD)、恢复减数分裂的成熟现象。但是，全年饲养在高温（26 ℃～30 ℃）下、冬天也不经历低温的蟾蜍的离体卵母细胞，经孕酮处理不显示GVBD；降低温度至4 ℃，培养2个月，能提高这些卵母细胞对孕酮的应答能力，GVBD 的百分率可提高到100%。经分析，经冬眠蟾蜍的长足卵母细胞和长年未经冬眠的蟾蜍的长足卵母细胞，经孕酮处理，均具备良好的早反应，即抑制腺苷酸环化酶并导致胞质内cAMP 含量下降，表明两者的孕酮受体系统良好。但蛋白质印迹法显示，$p34^{cdc2}$（一种细胞周期调控因子）在未经冬眠蟾蜍卵母细胞中比经冬眠蟾蜍的卵母细胞含量要低得多。实验还证明卵母细胞在6 ℃温浴能诱导产生许多不同的多肽，其中包括p24，一种泛素水解酶。这些都说明，低温环境对蟾蜍卵母细胞表达并贮藏某些细胞周期调控因子并获得成熟能力是必不可少的。

左嘉客的另一项工作是对输卵管上皮细胞分泌蛋白的分析。以新西兰白兔为材料，纯化输卵管上皮细胞分泌蛋白，结果得到64 kD输卵管蛋白，称为DPF-1。用免疫技术，不论体外还是体内实验都证实DPF-1 具有克服早期胚胎发育阻断的作用，它具有组织特异性，而没有种属特异性。它只存在于输卵管中，在其他主要器官如肾、卵巢、大脑、心脏等均未发现。检测小鼠、金黄田鼠和人的输卵管均显示含有DPF-1 的相关分子。通过筛库得到了1.9 kb 全长兔DPF-1 cDNA，并进行测序、序列分析和功能分析，将早期胚胎解除阻断的功能区定位在C-末端多肽。通过对DPF-1 结构、功能和作用机制的进一步分析，将有助于阐明受精后早期胚胎发育及发育阻断的机制。

二、早期发育

童第周1930～1934 年在比利时布鲁塞尔大学从师A. Brachet 时就开始了胚胎早期发育的工作。有些海鞘的卵在受精之后有强烈的物质流动，在卵裂之前显示出色泽不同的几个区域，将来各自形成一定的器官，但是在有些卵色较浅的种类，如 *Ascidiella aspersa*，不能根据自然色泽判断。童第周用活体染色使一部分裂球染上颜色，追踪染色部分在发育中的去向，并结合移位、重组合、分离等手术证明，海鞘的镶嵌型发育远不像过去认为的那样严格，严格的镶嵌型只适用于脊索和肌肉，其他组织器官都有可塑性，细胞间的相互关系是决定性的，这纠正了过去的看法。

文昌鱼的早期发育　文昌鱼是介于无脊椎动物和脊椎动物之间的一种脊索动物。童第周在青岛发现了文昌鱼(*Branchiostoma belcheri tsingtauense*)，在掌握了其产卵习性以后，建立了在实验室产卵的条件，摸索了一套用文昌鱼进行实验胚胎学的方法。过去认为文昌鱼发育是镶嵌型的，没有调整作用，也没有诱导现象。童第周首先用活体染色法确定了器官形成物质的分布，然后用大量的分离以及胚层配合的实验，纠正了过去的观点。各胚层的发育能力在分离后基本上和活体染色证明的器官形成物质相当。由各胚层配合的实验可以得出这样的结论：(1)配合裂球时，量的比例差得越多，调整越困难；(2)调整需要物质基础，缺乏某种物质时，不能经过调整重新产生；(3)要有含脊索的细胞，才能调整为完整胚胎；(4)物质总量过少，也很难完成调整。诱导作用也和其他脊椎动物一样，神经管的诱导来自脊索，脊索还能利用宿主细胞组成体节，促进肌纤维的分化。诱导产生的构造是神经管还是脑，受移植物脊索所处宿主部位的影响。移植物到达宿主头部，则诱导

产生脑;如果移植物仅能到达宿主的中部或后部,就仅能产生神经管。

这些研究不仅纠正了过去某些不正确的观点,而且对文昌鱼的发育机制有了了解,由于文昌鱼所处的分类地位,这方面的了解对于系统发育研究特别重要。

张红卫利用文昌鱼对发育中的分子调控机制开始了工作。对青岛文昌鱼*hedgehog* 基因表达研究取得了初步结果。*hedgehog* (*hh*) 家族基因编码一类分泌性信号分子,在果蝇的体节等的形成和脊椎动物脊索、体节和肢等的发育中起着关键作用。张红卫用整体原位杂交方法,研究不同发育时期文昌鱼胚胎和幼体*hh* 基因的表达。*hh* 基因在原肠胚中期尚未表达,到神经胚早期已在中轴中胚层明显表达并持续一定时间。文昌鱼*hh* 基因在脊索和神经管的表达与脊椎动物*shh* 基因相似,其功能可能是介导脊索的诱导。

细胞核和细胞质在发育中的关系 童第周利用核移植的技术首先成功地在金鱼(*Carassius auratus*)和鳑鲏鱼(*Rhodeus sinensis*)进行了同种间核移植。金鱼囊胚细胞核移植到去核金鱼卵,大约有10%可以发育成幼鱼。而后,童第周又进一步在两种鱼之间,也就是在不同亚科之间进行核移植。鳑鲏鱼囊胚细胞核移植到去核的金鱼卵中,只有1%能发育到晚期胚胎或者幼鱼,产生的胚胎有鳑鲏鱼的特性,也有类似杂交胚胎的特性。金鱼囊胚细胞核移植到去核的鳑鲏鱼卵,发育到幼鱼的胚胎极少,仅占0.5%。为了了解细胞核在异种细胞质中会不会受细胞质的影响,又把移植到鳑鲏鱼中的金鱼卵细胞核(等卵发育到囊胚期)再移回到去核的金鱼卵中,观察卵发育情况,虽然又移回到金鱼卵中,但由于在鳑鲏鱼细胞质中居留过,尽管时间不长,还是会受细胞质的影响。幼鱼的性状有的完全是金鱼的,有的产生鳑鲏鱼和金鱼杂交胚胎的性状,说明细胞核在异种卵质中受到影响,改变了它的功能和性质。根据这个实验以及其他观察的结果,童第周认为,在核质杂交鱼中,性状的出现不是完全受细胞核的控制,细胞质也有它的作用。究竟卵质中哪些物质起了这种影响是值得重视的。

在进行核移植的工作中,童第周联系实际,提出利用核移植培养新品种。因为,鳑鲏鱼♀×金鱼♂杂交不能分裂发育,而金鱼核移到鳑鲏鱼卵中却有少数例子发育到幼鱼,可见移核与杂交不同。如果细胞核和细胞质的品种配合得当,也许可以从不能杂交的种得到可以长成繁殖的、有经济价值的"核质杂种"。除了鲤鱼细胞核移植到鲫鱼去核卵的实验之外,还进行了鲫鱼细胞核移植到鲤鱼去核卵的实验,以及草鱼细胞核到鳊鱼去核卵的移植。这些工作在童第周去世后还在继续。

严绍颐参加了"核质杂种"鱼的开创工作,后来继续并扩展充实了这项工作。他进行的核质杂交有以下不同的组合:变种间、属间、亚科间、科间、目间以及纲间,结果清楚地指出,组合中所用的种相距越远,核质杂交鱼的发育不相容性越大。目间杂交的杂种鱼胚胎发育都不超过囊胚或早原肠胚,而亚科间和属间杂交中都得到了几条长成的杂种鱼。

这种发育不相容性与核供体以及卵质受体种类的染色体数目的差异可能有关。在目间杂交,染色体数目差别相当大,杂交胚胎只能发育到早原肠胚。亚科间核质杂交的结果也是这样。属间和变种间杂交,它们的染色体数目相同,杂交后都得到了能生育的成鱼。影响核质杂交鱼发育的另一个因素是发育行为,包括取食的行为。目间杂交,只能发育到幼鱼,是什么阻碍它们发育为成鱼?如罗非鱼和泥鳅,这两种幼鱼摄食行为不同。这

种核质杂种鱼的基因型是核供体罗非鱼的，罗非鱼的卵黄一直保留到发育的第21 天，这时幼鱼才开始摄食，而杂种胚胎的发育速度则按照提供卵质的泥鳅，泥鳅的卵黄在发育的第5 天将被用完，以后就开始摄食。由于在杂种鱼（罗非鱼×泥鳅）的幼鱼能摄食以前，卵黄就已用完，因此它们不能继续发育。因此，罗非鱼和泥鳅在发育中摄食行为的不同是使杂种鱼不能继续发育的一个重要原因。

杜森也参加了“核质杂种”鱼的开创工作。在鱼类核移植工作基础上，他转向哺乳类移植的研究。在山羊（*Capard hireus*），先后用胚胎细胞完成了一代核移植和连续核移植的工作。由于哺乳类早期胚胎细胞数量有限，为了得到更多作为供体的材料，他试用具有发育潜能的其他类型的体细胞作为核供体。1999 年，他得到了由传代培养的山羊胎儿成纤维细胞而来的克隆山羊，这是我国首次获得的胎儿体细胞克隆哺乳动物。实验结果还指出，分别用早期胚胎细胞分裂球和体外培养传6 代的山羊胎儿成纤维细胞作供体细胞，进行核移植，重构卵在体内培养5 天后，它们的分裂率和发育率经统计分析没有显著差别，说明用体外培养的胎儿成纤维细胞作供体细胞，和用早期胚胎细胞一样，不仅可以研究发育生物学中发育与分化的理论问题，而且为深入研究动物发育过程中的核质关系提供了有利条件。

三、胚胎诱导和分化

庄孝僡1936 年在慕尼黑大学跟随用活体染色法制作胚胎预定命运图的创始人W. Vogt 开始研究工作，他用活体染色和移植等方法绘制了神经胚后段的预定命运图，精确地标明躯干后段和尾部体节的位置。这一图谱至今仍为许多胚胎学教科书所采用。同时，他还在H. Holtfreter 指导下进行成体组织诱导专一性和胚胎区域性关系的研究。从1924 年H. Spemamn 发现“组织者”现象以来，初级胚胎诱导作用的化学本质研究成为胚胎化学研究的焦点。由于胚胎体积太小，很难得到足够的材料进行分析，后来发现许多成体动物组织对蝾螈原肠胚外胚层也有诱导作用，称为异源诱导者。各种成体组织具有一定的诱导专一性。庄孝僡发现原来具有中胚层和神经的诱导能力的组织（新鲜的蝾螈肝脏和小鼠肾脏）经过一定时间加热后，便失去中胚层诱导能力，但仍然保持神经诱导能力。这一实验说明成体组织内可能存在两种诱导物质，一种是耐热的神经诱导物质，另一种是不耐热的中胚层诱导物质。这一发现掀起了40 至50 年代国际上探索诱导物质的热潮。经过半个世纪，全世界许多实验者（包括庄孝僡及其同事）的努力，90 年代初期中胚层诱导物质的化学本质的研究终于取得很大突破。1991 年《自然》杂志，在题为“Molecule of the Moment”的一篇评论文章中是这样开头的，“激活素activin 是胚胎学家当前研究十分活跃的分子。这研究开始于51 年前出现的第一篇关于中胚层诱导因子的报道。这一因子在两栖类胚胎早期发育中使外胚层分化为中胚层组织”。这里所说的第一篇报道就是庄孝僡1939 年发表的论文。

庄孝僡回国后，50 年代初到60 年代初他领导的研究组用蝾螈（*Cynops crientalis*）为材料继续胚胎诱导和分化的研究，从诱导物质和反应系统两个方面进行了系统而深入的工作。在诱导物质方面，从哺乳类肝脏提纯了一种中胚层诱导物质（碱性蛋白质），在把中胚层诱导物质（M）和神经诱导物质（N）按不同比例混合时，观察到诱导出的神经系统区域性是由两种诱导物质的相对比值决定的，随着M：N 中M 成分的增加，诱导出的构造的区域性从前头经后头向躯干和尾部转变。中胚层诱导物质的作用还表现出量的效

应，浓度低时诱导出腹方构造（血细胞），随浓度增加逐渐出现侧方构造（原肾）和背方构造（脊索和体节）。

在反应细胞研究方面，发现外胚层细胞对诱导刺激的反应随发育的进展而改变，随外胚层细胞的变老，诱导出的胚胎构造从背方构造逐渐转变为侧方和腹方构造。

在背部外胚层细胞受到诱导作用向神经细胞分化的过程中，用冷冻蚀刻技术，在透射电镜下，观察细胞连接的形态变化，看到紧密连接和间隙连接一直存在，而且处于持续变化之中。在脊索细胞的分化中，间隙连接的变化特别引人注意。它在原肠晚期最早出现，这正是细胞分化开始的时期，以后面积逐渐加大，在神经胚中期达到高峰，而且在整个神经胚期一直保持高水平。神经胚期是间隙连接最多，也正是分化进行的时期，很可能间隙连接对脊索细胞的分化起协调作用。

丁小燕克隆了爪蟾“组织者”专一基因 *Noggin* 的5′调控区，发现1.5 kb 上游序列能使报告基因在胚胎中表达，缺失分析指出，一个229 bp 片段对激活 *Noggin* 的表达是必要的。另外，对肌肉的分化，在细胞水平上分析了邻近组织的影响，进而从爪蟾部分基因文库中筛选到爪蟾胚胎肌细胞决定的关键基因之一的*Xmyf*5 的5′上游4.9 kb 片段，该片段能指导报告基因在爪蟾胚胎中表达，而且含有指导 *Xmyf*5 在预定肌细胞中正确表达的元件，包括增强或抑制其表达的正常调控元件。

胚胎表皮细胞的传导能力　两栖类胚胎表皮有无传导能力过去曾经是一个争论未决的问题。庄孝僡和王亚辉在研究蝾螈肢体再生的工作中，观察到无神经的胚胎也能传导刺激。当时他们用的实验模型被称为“小火车”。用实验胚胎学的方法割除神经板，先制备无神经胚胎，再将几个无神经胚胎头尾相连，前端接上一个正常胚胎作为传导反应的指标，形成“小火车”式的联体，“车头”是一个正常胚胎，“车厢”是几个无神经胚胎。当这样的联体发育到一定时期，机械刺激任何一个无神经幼体，它本身没有反应，但前端的正常幼体表现强烈的收缩动作，说明无神经幼体受到的刺激可以通过一种非神经的组织传到前端的正常幼体。实验证实这种非神经的组织就是胚胎表皮。后来的实验指出，表皮的传导能力和胚胎的年龄密切相关，它只出现在发育的一定阶段。过去关于两栖类胚胎表皮是否具有传导能力的争论终于得到了肯定的结论。在两栖类胚胎发育的一定阶段，当神经系统执行功能之前，胚胎表皮具有传导能力。

庄孝僡和他的同事们进一步从传导的性质、传导的结构基础以及胚胎早期兴奋的通路等方面进行研究，并取得了成果。（见蝾螈表皮的传导能力）

参考文献

邹承鲁：《当代生物学》，北京：中国致公出版社，2000。

庄孝僡：发育生物学，见：《中国大百科全书·生物学》，北京：中国大百科出版社，1988。

Yan，Shao Yi（严绍颐）：*Cloning in Fish-Nucleocytoplasmic Hybrids*，Hong Kong：Educational and Cultural Press Ltd，1998。

庄孝僡：纪念朱洗，《实验生物学报》，8：265～284，1963。

（曾弥白）

卵球成熟、受精和人工单性生殖

（Oocyte Maturation，Fertilization and Artificial Parthenogenesis）

卵球成熟、受精和人工单性生殖研究是朱洗的经典工作。朱洗早在1936年就指出：

“……高等动物个体发育的起点就是卵。……卵中含有全部发育的物质，含有全部发育的潜力。”卵的生长发育有一定的规律，有一定的时序，亦有一定的寿命。过去，人们只知卵要待到成熟（如脊椎动物为第二次减数分裂中期）才能受精，才能发育，但对于卵的形态成熟和生理成熟之别，很少有人注意。

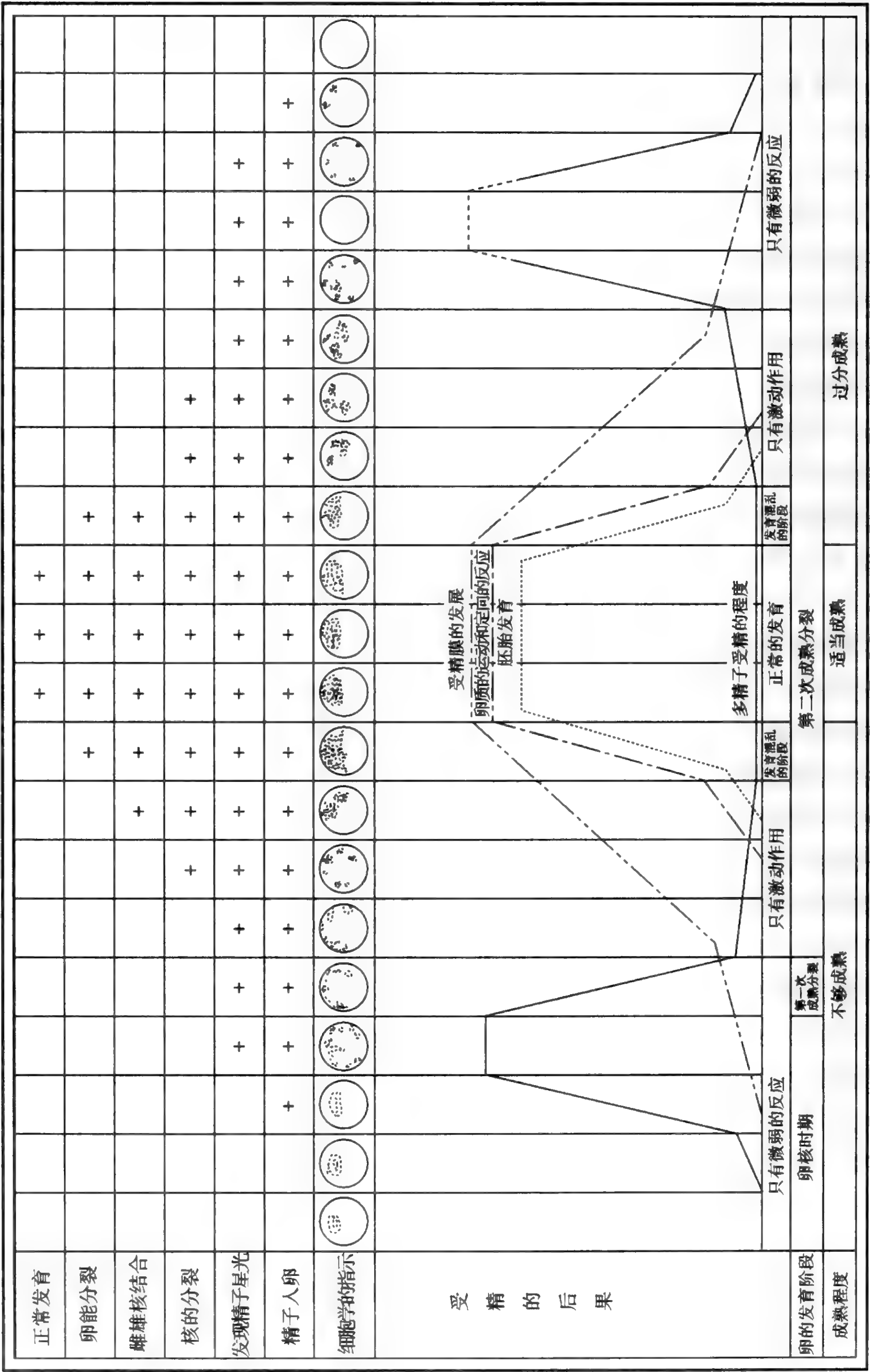


图2 各种不同成熟程度卵球受精的综合模式图

经过多年对蛙、蚕和鱼的研究，借助于所建立的体外排卵、体外成熟、人工授精和人工单性生殖等实验胚胎学技术，并根据卵受精后的变化，包括受精后卵的激动反应(卵质运动、卵定向反应、受精膜的发展……)、入卵精子数、精子星光/注射星光的发展、核分裂、雌雄原核结合、卵裂和发育等情况，朱洗教授将卵的生理成熟程度分为不够成熟、适当成熟和过分成熟。并由此提出：两栖类和一般脊椎动物卵要待到第二次减数分裂中期才算成熟的定义，都是偏向于核的变化，而忽视细胞质的变化；卵成熟期的核演变(不论是雌性原核或雄性原核的)全由细胞质成熟度所决定；受精后，只有适当成熟的卵反应最灵敏，最易激动，及时发生卵质运动、受精膜形成和定向，结束其成熟分裂，且均为单精子受精，精子星光演变正常，两性原核能正常结合，出现正常卵裂，并进一步发育成正常个体。根据所观察到的结果，朱洗将卵的生理成熟全过程简明扼要地总结成图2。

在研究中华大蟾蜍卵球成熟的过程中，朱洗发现低温休眠是卵球成熟的决定因素；输卵管分泌物是蟾蜍卵受精必不可少的，提出了受精“三元论”的观点。这些发现和观点为后人研究卵球成熟和受精提供了极其宝贵和至关重要的内容。

早在20世纪30年代，朱洗就以玻璃针将体细胞核（血细胞的核）刺入成熟蛙卵，成功地获得两只单性生殖的无父小黑斑雌蛙，并存活了三年以上；1961年，又成功地获得一只单性生殖的雌性中华大蟾蜍，待其性成熟后，激素催产、自然受精，受精卵均正常发育成个体，这些子裔能继续传种接代。

朱洗集30年的经验，在卵球成熟、受精和进一步发育方面形成系列独特的见解和理论。在此基础上，于50年代中期接受了国家要求解决家鱼人工繁殖课题，并出色完成了任务，解决了我国“四大家鱼”的人工繁殖问题。

参考文献

朱洗：用实验方法探讨卵成熟的难题，《生物学杂志》，1（1）：1～10，1936。

朱洗：卵球成熟的分析（1959年胚胎学会演讲稿），见：《朱洗论文集（第二集）》，473～504，北京：科学出版社，1982。

朱洗，王幽兰：冬眠为亚洲蟾蜍卵球成熟的决定因素，《中国科学》(B辑)，12(8)：1161～1164，1963。

朱洗，王幽兰：用实验的方法研究蟾蜍输卵管的分泌物对受精的关系并讨论精子入卵的机制问题，《实验生物学报》，5（1）：75～112，1956。

朱洗，陈兆熙：广州蛙类人工单性发育的研究，《科学》，19（4）：481～511，1935。

朱洗，王幽兰，徐国江：世界第一只无父的母蟾蜍产卵传种，《科学通报》，4：50，1961。

（左嘉客）

家鱼人工繁殖（Artificial Propagation of Domesticated Fishes）

青、草、鲢、鳙四大家鱼是我国特产，自唐、宋以来就已积累了丰富的养殖经验。这几种家鱼生长快，肉味鲜美，可惜通常不能在池塘里就地繁殖，养鱼者每年必须在家鱼繁殖时期，到江河的天然产卵场捞取鱼苗。江河里的家鱼的繁殖受气候等自然条件的影响很大，生产上没有保证。30年代开始，我国水产工作者曾断断续续做过一些繁殖试验，但都未能成功。之后，甚至有人认为，池养家鱼的生殖腺不能发育，因而不可能人工繁殖。

解放后，国家大力发展淡水鱼养殖事业，而江河捕捞的鱼苗，远远不能满足各地人民的需要，这就成为亟待解决的问题。1956年，朱洗在制定我国12年科学技术发展规划会

议上，提出“家鱼人工生殖的研究”课题。在他主持下，通过五年努力，解决了亲鱼培育、催产和人工孵化等关键技术问题。这些科技成果，于1962年汇编成《家鱼人工生殖的研究》论文集，由科学出版社出版，这是建国以来淡水鱼养殖事业在理论上和实践上的重大突破。

一、家鱼生殖腺发育的调查研究

在浙江省水产厅的支持和浙江省淡水所及上海水产学院等单位的协作下，王应天和林志春等在1958～1960年不同季节里，对浙江省钱塘江家鱼天然产卵场，绍兴、德清、嘉兴、塘栖等地的外荡，杭州上城河和西湖以及诸暨、临安、菱湖、上海漕河泾等地的内塘，进行了雌、雄家鱼生殖腺发育情况的调查与催产实验，解剖了1 200多尾家鱼，发现某些外荡和内塘人工饲养的家鱼卵巢与精巢，和钱塘江里自然环境中生活的家鱼一样，能够正常发育成熟，经人工催产能繁殖后代。这阐明了家鱼生殖腺发育的规律，明确否定了池养家鱼生殖腺不能发育的错误论点。同时，为了配合家鱼生殖腺发育的调查研究，在国内首先建立了鱼鳞和鳍条鉴别鲢、鳙鱼的年龄。这个方法也适用于草、青鱼等。

二、亲鱼的培育

1956年，朱洗在制定我国12年科学技术发展规划会议上，提出“家鱼人工生殖的研究”课题后，即着手亲鱼培育工作。同年秋季，把当年鲢鱼养在实验室前面的水泥池里，生长不良。1957年3月移养到漕河泾农场的一条小河里，这条小河浮游生物丰富，3～4龄的雌、雄亲鱼的生殖腺发育到Ⅲ～Ⅳ期。1961年5～7月，在青浦淡水养殖场用这批鲢鱼进行人工催产，亲鱼的成熟率达到95%。

根据家鱼生殖腺调查的结果与池养培育鲢鱼亲鱼的成功经验，1960年底，朱洗总结出一套简易而有效的培育亲鱼的方法，撰写了“如何养好鲢、鳙鱼，使其生殖”。朱洗提出亲鱼培育方法，主要是给予充足的饲料和保持良好的水质环境；并提出在春季产卵期前及卵球大生长期间（3～6月），要强化培育。鲢、鳙鱼主要饲料为浮游生物，可定时、定量直接以粪便投入鱼塘，大量滋生浮游生物，并适当辅以豆饼等精饵料。浙江省淡水所的科技人员提出草、青鱼的亲鱼培育方法，草鱼投以草料，青鱼投喂螺蛳和辅以豆饼等饵料；同时，要保持良好的水质环境；产过卵和排过精的雌、雄鱼，经过加强培育，第二年照常可以催产，繁殖鱼苗。

三、催产剂的提取、生物鉴定及其催产效果

1958年夏季，南海所用鲤鱼垂体注射在仿照自然环境的与大江相通的一个流水池中培育的鲢、鳙鱼，获得少量鱼苗。用垂体催产，一般要打两针，几次捕捞亲鱼打针，亲鱼受伤比较严重，影响催产效果；催产一条亲鱼，需要几十条鲤鱼的垂体，若在生产实践中催产大量亲鱼，垂体供不应求。

朱洗和王幽兰等创建的用蟾蜍卵巢离体排卵和成熟的方法，可鉴定所提取激素的效价（必要时也可用排精方法），参照绒毛膜促性腺激素（HCG）诱发蟾蜍和金鱼排卵的有效剂量，可确定家鱼单位重量的催产剂量。1958年秋季，在朱洗领导下，与浙江省淡水所等协作，在国际上首次用HCG注射杭州上城河里的鲢、鳙鱼，一举成功，获得三万多尾鱼苗。为了便于推广，曾弥白等对几种提取HCG的方法做了生物鉴定，最后选择了Classon方法，并对该法做了较大的修改。采用HCG催产，一般只需打一针，可减少亲鱼因多次捕捞而受伤，且药品来源广，产品也容易保存。

1965年，浙江省淡水所的科技人员采用HCG对草鱼催产，获得成功；1975年，对青

鱼催产，又取得成功。由此，证明HCG对鲢、鳙、草、青四大家鱼催产都是有效的，只要是提供生殖腺发育充分成熟的亲鱼，催产效果都很好。

1970年，中国科学院上海生物化学所与动物所等研制成功促黄体释放素类似物(LRH-A)，增添了一种新的催产剂，但催产效应时间较长，需要打两针。

经过40多年的实践，HCG还仍是我国家鱼人工繁殖的主要催产剂，约占整个家鱼催产剂的50% ～ 70%。

四、用生理与生态相结合的方法，促使家鱼自然产卵、受精

在朱洗领导下，与浙江省淡水所等协作，根据HCG促使蟾蜍和金鱼排卵的有效剂量及在家鱼上催产的结果，确定雌鱼每千克注射500～1 200国际单位，雄鱼减半或更少。亲鱼注射激素后，放入流水的产卵环道或产卵池里，让亲鱼自然产卵、受精。在这种环境下，一般雌鱼产出的适当成熟卵球，能及时受精，受精率和孵化率都较高。同时，在产卵环道或产卵池出口处装置漏斗形的集卵网箱，使产出不久的鲢、鳙半浮性的受精卵，在流水的推动下，顺利地进入集卵箱。然后将受精卵过筛去除剑水蚤等，最后进行人工流水孵化。目前，有条件的生产单位都采用自然受精的方法。只有一些条件较差的单位或特殊情况，才采用人工授精的方法。催产的水温为20 ℃～30 ℃，最适水温为22 ℃～28 ℃。

五、家鱼受精卵的人工孵化

千百年来，我们的祖先一直从江里捞取家鱼鱼苗。有时捞到鱼卵，则用孵化箱孵化鱼苗。1958年秋季，朱洗等也用这种方法孵化鱼苗，孵化率较低。

在朱洗领导下，林志春、庞诗宜和刘世范根据家鱼鱼卵的结构和胚胎发育的特点，以及天然产卵场的环境条件，经过几年的多方面的探索，于1961年在上海市水产局青浦淡水养殖试验场和上海水产学院的协作下，对几种孵化方法进行了比较试验，结果表明：(1) 室外孵化箱孵化，易受外界气候环境等影响，下塘率低，而且不稳定（10.3%～89.3%，平均为70% 左右）；(2) 室内搪瓷盘孵化，操作管理比较麻烦，容卵量少，孵化效果差；(3) 室内孵化瓶流水孵化（过筛除去剑水蚤等），提高了鱼卵的孵化率，受精率高的鱼卵，若管理得当，下塘率一般都达到90% 左右。

通过系统的比较试验，提出以流水孵化家鱼受精卵，并建立了孵化瓶流水孵化方法，为大规模流水孵化奠定了基础。有条件的鱼场都采用环道流水孵化或缸式流水孵化。

六、家鱼卵球成熟、受精和不同成熟程度卵球受精后的发育

在朱洗领导下，王幽兰、庞诗宜等对金鱼、鳊鱼、鲢鱼和鳙鱼卵球的成熟和受精进行了细胞学研究。这些鲤科鱼类都是暂停在第二次减数分裂中期接受精子入卵，这是核的成熟标志。但距细胞质成熟时期，也就是可以顺利受精、正常发育的时期，尚有一段时间，在金鱼和鳊鱼上，还有1～2 h，在鲢鱼和草鱼上，则更为短暂。精子由卵膜上的卵孔入卵，在正常情况下，都是单精子受精。王幽兰和林志春等对金鱼、鲤鱼和鳊鱼的不同成熟程度卵球受精后的发育做了分析，结果表明：卵母细胞的成熟可以分为不够成熟、适当成熟和过分成熟三个时期和两个过渡阶段。只有适当成熟时期的卵球受精后，才能正常发育、孵化。在其他时期和两个过渡阶段，卵球受精后，或者出现种种畸形发育的胚胎，陆续中途夭折；或者受精后反应很弱；或者几乎看不出什么反应。青、草、鲢、鳙四大家鱼也不例外。在生产实践中，有时碰

到有些雌鱼能大量产卵,但不能受精化苗;有些雌鱼产出的卵球虽能受精发育,但不能孵化;或者孵化率偏低。其原因正是卵球本身的质量问题——受精卵的成熟时期不适当。这些理论知识,对于家鱼人工繁殖的生产实践,起着直接的指导作用。

七、推广应用情况及其作用

1958 年秋季,采用HCG 催产池养鲢、鳙鱼取得成功。1959 年,全国有8 个省市采用HCG 催产,孵出鱼苗一千万尾。1960 年,全国孵出鱼苗三亿左右。1961 年,与上海水产局青浦淡水养殖试验场和上海水产学院等单位协作,系统地解决了鲢、鳙鱼人工繁殖中的亲鱼培育、催产和人工孵化等关键技术问题。1961 年10 月,上海市水产局邀请了华东地区六省市及广东、湖南、河北、北京、黑龙江的有关科研院校的代表,召开了鲢、鳙、草鱼人工繁殖交流会,提出青浦养殖场“鲢、鳙鱼人工繁殖总结”及“鲢、鳙、草鱼人工繁殖操作规程”。经讨论研究,写成“鲢、鳙、草鱼人工繁殖操作规程”(试行草案),水产部将这个规程转发到全国各地参照试行。

1985 年,浙江省水产厅的报告指出:“自HCG 在家鱼人工繁殖上取得成功,很快在全国得到推广应用。因此,我省生产的HCG 畅销全国。仅1981 年,我省宁波市激素生产站就有 28 个省市的县以上1 028个单位购买HCG。”根据宁波激素制品厂的“全国各省市HCG 销售大户录”,向全国各省市水产局或鱼苗场发出调查表。1988 年,根据收到的部分调查资料做了统计,有 26 个省市推广应用,以1962 年全国正式推广来计算,新增鱼苗和新增商品鱼每年总产值达到 4.65 亿元。有几个省水产局指出,HCG 在家鱼催产中的应用,引起了淡水鱼养殖事业的一场革命。广大生产单位认为,HCG 是一种简便、稳定、高效的催产剂,催产率达到 90%左右。

家鱼人工繁殖问题解决后,上海市水产局指出:“1958 年家鱼人工繁殖研究成功,是水产养殖工作中的一项重大科研成果,从根本上改变了江中捞苗、靠天吃饭的被动局面,促进了水产事业的大发展,所以具有划时代的意义。”过去,各省市要组织大批人员到长江沿岸等地采运鱼苗,耗费大量的人力和物力,而且鱼苗的数量和质量都没有保障,品种也不能符合要求,严重影响渔业的发展。现在全国各省市的鱼苗场能按需就地繁殖鱼苗,过去没有养鱼基础的新疆、青海和东北地区也能繁殖鱼苗,发展淡水养殖事业。家鱼人工繁殖成功和推广后,推动了其他鱼类和河蟹的人工繁殖。

1958 年,家鱼人工繁殖突破后,很快在全国各省市推广应用,各地可按需就地繁殖鱼苗。但是,有些单位人工繁殖鱼苗水平低,生产的鱼苗质量差,亲鱼的个体愈来愈小。为了避免近亲交配造成的不良后果,各鱼场每几年,都应从江河天然产卵场捞取鱼苗,再经筛选,强化培育,选择质量高的鱼作为亲鱼。如有条件,把不同江河中培育出的亲鱼相互交配,则更好。

参考文献

上海市水产局青浦淡水水产养殖试验场:《鲢、鳙鱼人工繁殖总结》(内部资料),1961。

中国科学院实验生物研究所发生生理研究室:《家鱼人工生殖的研究》,北京:科学出版社,1962。

刘元楷,许谷星,叶盛钟:绒毛膜促性腺激素对草鱼卵巢排卵和卵球成熟的作用,《水产学报》,3(1),1966。

浙江省淡水水产研究所鱼苗组:青鱼的人工繁殖,《动物学杂志》,2:11~14,1975。

(林志春)

文昌鱼卵早期发育实验研究

(Experimental Studies on the Early Development of Amphioxus Eggs)

根据分类学，脊椎动物门包括尾索动物(Urochordata)、头索动物(Cepalochordata)和脊椎动物(Vertebrata)三个亚门。文昌鱼(amphioxus)是头索动物亚门中的典型代表。早在19世纪晚期俄国科学家柯瓦列夫斯基(Kowalevsky)首先报道了对文昌鱼胚胎学的研究，此后德国科学家哈晓克(Hatschek)和法国科学家宋方登(Cerfontaine)基本上弄清了文昌鱼的发育过程。1933年，美国科学家康克林(Conklin)发现文昌鱼卵的结构和它的早期发育与尾索动物亚门中的代表海鞘(ascidian)相似。在这两种动物的早期发育的卵中均存在着五种预定的形态形成物质：外胚层，中胚层，内胚层，神经管和脊索。康克林发现卵内由于含有这些不同形态形成物质的分裂球的运动，最后导致胚胎的各种器官的形成。他的这一研究纠正了前人对文昌鱼卵的性质的误解，绘制了8－细胞时期胚胎内各种预定形态形成物质在各分裂球中的分布图，更准确地描述了它的发育过程。

但那时对文昌鱼卵早期发育阶段分裂球发育能力的实验胚胎学研究很少见。1932年，威尔逊(Wilson)首先将处于2－、4－、8－和16－细胞时期的文昌鱼卵置于盛有海水的试管内摇动，将它们的分裂球分开，并发现在2－和4－细胞时期分开的各分裂球均可发育成一个体积小的正常胚胎，所以他认为这些分裂球都具有发育的全能性(totipotency)。但随着发育的继续进行，分裂球越分越小，它们便失去了调整能力，最后形成一个镶嵌型(mosaic)的胚胎，他认为这些结果表明，文昌鱼卵的发育能力，既不像海胆(*Echinus*)卵那样具有全能性，也不像沙蚕(*Nereis*)卵那样的镶嵌型，而是属于介于两者之间的中间类型。

1933年，康克林以一种文昌鱼(*Branchiostoma lanceolatum* Pallas)卵为材料，重复了威尔逊的实验，并提出了不同的结论。他发现文昌鱼卵在2－或4－细胞时期沿着左右第一次分裂面分开的各分裂球均可发育为正常的胚胎，但沿着4－细胞时期前后方向分裂的第二次分裂面分开后所得的分裂球，则只能发育为不正常的胚胎。他还发现在文昌鱼卵中存在着由动物性极到植物性极、由前方到后方、由背面到腹面的三种轴性现象，它们都是在卵内预先决定而不可更改的。因此他的结论认为除了在2－和4－细胞时期以外，文昌鱼卵的发育是属于镶嵌型的，而且没有发现它有调整能力和诱导现象。他提出沿着第一次左右分裂面分开的分裂球之所以具有发育为一个正常胚胎的调整能力，是因为这些分裂球中的表面细胞质移向了第一次分裂面的位置，从而重建了那些分裂球在分开时所失去的部分。他认为这是由于原来存在于分裂球内的预定形态形成物质在发育的卵中的移位，而并非由于产生新物质或对原有物质的改变所引起。他指出威尔逊在4－细胞时期分开的各分裂球之所以都能发育为正常胚胎，可能是把2－细胞时期的分裂球误认为是4－细胞时期的分裂球的缘故，因而其结果并不准确。

上述学者们对文昌鱼卵发育能力的实验研究之所以存在分歧，可能有以下原因：(1)难于获得足够数量的卵供反复实验所用；(2)缺乏准确的方法来判断，哪些胚胎是来自属于1/2或1/4的分裂球，以及哪些是由位于卵前方或后方的分裂球所发育而成。

童第周等为进一步研究文昌鱼早期发育研究中的上述疑点，从30～60年代，以中国青岛沿海地区所产的一种文昌鱼

(*Branchiostoma belcheri tsingtauense*)卵为材料进行了一系列的实验胚胎学研究。根据童第周等和前人对文昌鱼卵早期发育研究的结果（图 3），对比来看可得到以下几方面的结论：

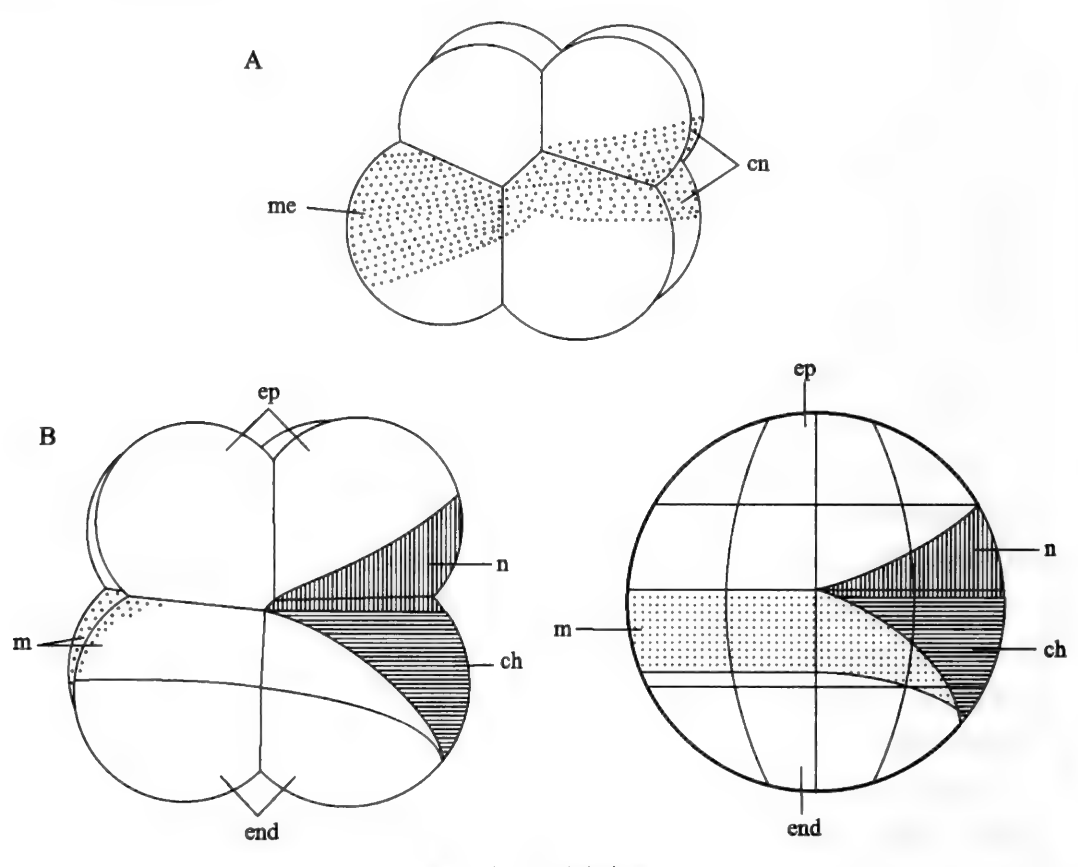


图3 文昌鱼的卵发育

A. Conklin 所绘制的一种文昌鱼（*B. lanceolatum* Pallas）卵发育至8—细胞时期的预定形态形成物质分布图（cn—脊索—神经半月体，me—中胚层半月体）

B. 童第周等所绘制的一种文昌鱼（*B. belcheri tsingtauense*）卵发育至8—细胞时期和32—细胞时期的预定形态形成物质分布图（ch—脊索，end—内胚层，ep—外胚层，m—中胚层，n—神经层）

1. 童第周等利用改进了的活体染色等方法也绘制了文昌鱼（*B. belcheri tsingtauense*）8—和 32—细胞时期卵的预定器官形成图谱，更精确地阐明了文昌鱼卵早期发育过程中器官分化的细节。他们所制的 2 个图谱表明：(1) 预定的神经形成物质在卵前方的分裂球中形成了一个半月体，其中有关脑和 2/3 的神经物质位于动物性半球前方的分裂球中，而另外 1/3 的神经物质则位于植物性半球前方分裂球中；(2) 预定的脊索形成物质也呈半月形，它位于植物性半球前方分裂球中的神经半月体的紧下方；(3) 中胚层物质形成了围在紧靠第三分裂面下方的两个植物性半球分裂的一条窄带，它两侧的两个伸长的前缘沿着脊索区下面两边伸向前方，达到靠近植物性半球前方分裂球最前端的位置；(4) 外胚层物质中的背侧和头部的物质位于动物性半球前方的分裂球内，而

其腹侧和尾部的物质则位于动物性半球后方的分裂球内；(5) 内胚层物质位于中胚层和脊索区以下的植物性半球前方和后方的分裂球中靠近植物极的区域。

虽然两种文昌鱼的图谱有总的相似之处，但仍有以下区别：第一个区别是，康克林的图谱中，8－细胞时期卵动物性半球的分裂球（占总体积的1/3）要比植物性半球的分裂球（占总体积的2/3）明显小，所以它的中胚层半月体和脊索－神经半月体所处的位置，要比童第周等的图谱中所示的位置高一些，而外胚层的预定区域也相对比后者小一些。第二个区别是，在童第周等的图谱中，中胚层半月体的中央部分比较窄，两边的角则伸得较长，它沿着预定脊索形成区的下缘，一直向前伸展到靠近植物性半球前方分裂球的最前端。第三个区别是，尽管在这两种文昌鱼卵的图谱中，其脊索区均位于植物性半球前方的分裂球内，但在童第周等的图谱中，这一半月体的中央部分看来要比康克林图谱中所显示的宽一些，因为在前一种卵内该区伸向32－细胞时期卵植物性半球中的第二层分裂球，而在后一种卵中，此区仅限于植物性半球中的第一层分裂球内。第四个区别是，在两种文昌鱼的图谱中所显示的各种预定区域，不仅在位置分布上，而且在发育能力上均有区别，现在还不清楚这两种文昌鱼卵图谱所显示的差别是否是由于种类不同或所用方法有异所引起，尚待进一步研究。不过由童第周等所用的研究方法和由两个时期所获得的图谱对比来看，其结果更为可靠。

2. 童第周等的研究还证明，与在脊索动物中的一样，文昌鱼卵的发育过程中，可通过一种诱导作用产生另一个完整的胚胎，例如将一个早期原肠胚的胚孔唇移植到另一个相同时期的原肠胚腔内，它可以使后者表面的外胚层被诱导产生出一个神经管。如果被移植的组织中包含形成脊索物质的话，还能在它的两侧诱导产生体节，这表明脊索不仅能诱导产生神经管，而且还能影响其周围的组织，使被移植的组织和宿主本身的中胚层细胞共同形成体节。尤其值得注意的是，被诱导产生的第二胚胎的头部，往往出现在当被移植的脊索伸展到宿主头部区域的位置，这些结果说明，沿着宿主体轴分布的组织，对第二个被诱导产生的胚胎的形成发生了影响。他们的结果表明文昌鱼卵的动物性半球能决定体轴和器官的形成，但它也受到来自植物性半球的诱导作用和调整力量的影响。

3. 童第周等根据对文昌鱼卵发育早期的分裂球发育能力的研究发现：(1) 在4－细胞时期，卵两侧半球的每个分裂球均能产生一个正常胚胎，它的前半球的分裂球则可形成一个正常胚胎或一个不完整的胚胎，但其后半球的分裂球则没有能力发育为一个正常的胚胎，这证明卵的第一次分裂面往往与卵两侧对称面相一致，或者它可能与第二次分裂面垂直相交或形成一个夹角。在4－细胞时期分开的4个分裂球中只有3个能发育为正常的胚胎证明了这一点。(2) 文昌鱼卵和海鞘卵相比较，虽然发育的模式类似，但前者调整能力要比后者的大。文昌鱼卵分裂球在发育过程中所显示的调整能力不仅决定于预定器官形成物质，而且不同分裂球之间也有相互作用，卵的正常发育最后由这两种因素协调作用来决定，因此文昌鱼卵的发育不像康克林所描述的那样属于“镶嵌型”。

4. 童第周等还用文昌鱼卵的不同胚层之间和胚层细胞之间相互移植的方法证明了不同胚层细胞发育能力的可塑性，例如内胚层细胞可改变外胚层细胞的分化，使之转变为内胚层细胞，内胚层细胞也可转变为外胚层细胞但比较困难，这说明细胞的定位和细胞质的分化能影响它们的发育。尽管内胚层

细胞的可塑性较小，但总的来说各预定胚层细胞之间并无明显而又固定不变的生理学差别。这些结果与在两栖类和鸟类中所得的结果相一致。

由此可见，经过童第周等的一系列详细研究，已更精确地弄清了文昌鱼卵发育的特征，并纠正了过去学者们在这一研究领域中的误解和不足之处。这些结果充分证明文昌鱼作为脊索动物门中的一种代表，从系统发育的角度来看，其卵的发育格局和行为与脊椎动物的很相似。鉴于在文昌鱼卵中也存在着像在海胆中所观察到的那种从动物性极到植物性极以及相反方向的双重发育能力梯度，因此从个体发育的角度来看，这些结果又支持了一种解释，认为文昌鱼在进化过程中是起源于棘皮动物纲（Echinoderm）的无脊椎动物。童第周等对文昌鱼的研究共发表论文十篇，它们已成为国际上文昌鱼早期发育实验研究的经典之作，其学术价值是极为重要的。童第周等之所以能将文昌鱼卵的发育研究得如此清楚而准确，是因为他们在实验室内培养文昌鱼成功是举世首创的。

参考文献

Tung, T. C.（童第周）, Wu, S. C. and. Tung, Y. Y. F.: Experimental Studies on the Neural Induction in Amphioxus, *Acta Biologiae Experimentalis Sinica*, 7: 263～270, 1961。

Tung, T. C.（童第周）, Wu, S. C. and Tung., Y. Y. F.: *Scientia Sinica*, 11: 82～90, 1962。

Tung, T. C.（童第周）:《童第周文集》, 北京: 学术期刊出版社, 1989。

Yan, S. Y.（严绍颐）: *Develop Growth Differ.*, 41: 503～522, 1999。

（严绍颐）

胚胎诱导（Embryonic Induction）

胚胎诱导是实验胚胎学研究中的一个重要发现。实验胚胎学是研究动物胚胎发育过程中组织与组织之间、细胞与细胞之间如何相互作用从而引发细胞分化、形态建成的一门学科，在20世纪初有很大的发展。

在19世纪对动物胚胎的静态观察的基础上，科学家们希望进一步了解胚胎的各部分究竟是如何一步一步产生的：是不是在受精卵中就已经存在着胚胎的雏形，胚胎发育只不过是它渐渐长大的过程，还是在发育过程中逐步形成各种组织器官最后成为个体的?实验胚胎学就是在这样的形势下产生的。通过对胚胎进行切割、分离、外植、移植等处理，实验胚胎学家研究在不同的发育时期，胚胎中的不同部位的细胞或组织的分化状态，以及它们对其他部位细胞和组织的分化的影响。例如神经板细胞，虽然已经知道它将来会长成神经系统，但是对于它们在神经胚时期，如果离开了胚胎，它们还能不能长成神经细胞还不明确。如果能够的话说明它的进一步发育不需要周围其他组织的影响，而如果相反的话则说明其他组织的影响是必不可少的。在这一时期的研究工作中，最有影响的工作就是发现了胚胎诱导现象。Hans Spemann 及其学生 Hilde Mangold 把两栖类蝾螈原肠胚的一小片称为背唇的组织移植到另一胚胎的腹部，结果在腹部产生了一个第二体轴。由于移植的背唇与受体胚胎的色素有差别，因此可以分析构成第二体轴的细胞的来源。分析的结果发现，移植的背唇参与形成了第二体轴中一些主要的背方中胚层结构，如脊索和体节的一部分，但第二体轴中大部分组织如神经管等，则是由受体胚胎的细胞组成的。值得注意的是，如果没有外来移入的背唇，这些受体胚胎的细胞原本将形成胚胎腹方的组织。因此这一现象有力地证明了原肠胚时期的背唇具有把原本分化为腹方组织的细胞诱导成分化为背方组织的能

力，也证明了胚胎发育的过程是一个细胞与细胞之间、组织与组织之间不断相互作用的过程。这一现象被称为胚胎诱导，Spemann也因此而获得1934年度的诺贝尔奖。在胚胎发育的其他阶段也同样存在诱导现象。例如在胚胎的眼睛发生过程中，中胚层组织诱导位于其上的外胚层组织形成晶状体，如果除去中胚层的作用，晶状体也就不能形成。进一步的工作证明了胚胎诱导现象不但具有组织专一性，即特定的胚胎组织（诱导者）可诱导反应细胞（反应者）产生特定的细胞或组织类型；还具有时间性，即诱导者的诱导能力和反应者的反应能力都局限于一定的发育阶段，也就是说诱导者只在一定的发育阶段具有诱导能力，而反应者也只在一定的发育阶段能够被诱导。如果反应者已经失去了反应能力，那么再施加诱导因子也不起作用。因此特定的诱导现象只能在胚胎的特定阶段发生。后续的工作还证明了诱导现象不单单存在于两栖类胚胎中，在其他脊椎动物的胚胎中同样起重要作用。这一现象的发现具有划时代的重要意义，因为它从本质上揭示了胚胎发育的内在规律，即胚胎发育是一个渐进的、由一连串互为因果的事件所组成的过程，该过程的发生遵循严格的遗传规律；胚胎细胞之间的相互作用在该过程中起主导作用。这一现象的发现奠定了现代发育生物学的基础。目前，运用生物化学和分子生物学的各种研究手段，阐明胚胎发育过程中的诱导现象的分子本质，已成为现代发育生物学的主要研究内容。

在50年代，科学家们曾致力于胚胎诱导物质的分离，也就是说希望分离得到某种存在于背唇中的具有诱导其他细胞成为中胚层细胞的蛋白质。我国在这一方面曾经进行了很大的努力。庄孝僡领导的实验组从哺乳类肝脏中分离得到具有中胚层诱导活性的组分，不同的组分如果以不同的比例混合，可以分别诱导出前、中、后段的神经组织，说明其中含有好几种诱导因子。曾弥白对被诱导的细胞的反应能力做了深入的研究。王亚辉和高慧对诱导因子的分离、诱导现象与细胞周期的关系等做了详细的分析。进入70年代以后，分子生物学研究手段的介入使胚胎诱导的研究得到了迅速的发展。诱导因子的本质是什么？诱导因子通过什么信号途径起作用？参与诱导作用的基因在发育过程中是如何被调控的？这些问题已经或者正在被深入地研究。目前已经有十几个背唇专一的基因被克隆；已经证明了分泌型因子，如生长因子家族TGF-β和FGF的成员，具有作为诱导者的性能；而转录调控因子在诱导过程中在反应细胞中执行启动细胞分化的作用。

（丁小燕）

蝾螈表皮的传导能力（Impulse Conductivity of Epidermal Cells of Cynops）

两栖类胚胎表皮在发育的一定阶段具有传导兴奋的能力，也就是，在神经系统还没有发育完善、还不能执行功能的时期，胚胎的表皮能传导兴奋。1904年，Winterbert根据切断背部构造的实验，认为胚胎表皮可以传导刺激。但是，只有神经组织才能传导刺激是久已确立的概念。一种非神经的组织也能执行这种功能，当然是难以接受的。所以，在相当长的时间内，胚胎表皮究竟有无传导能力是一个提出而又被否定、争论未决的问题。

1961年，庄孝僡等在研究肢体再生的工作中，观察到无神经的胚胎也能传导刺激。当时他们的实验模型被称为“小火车”（图4），是用实验胚胎学的方法，割除神经板，先制备无神经胚胎，再将几个无神经胚胎头尾相连，前端接上一个正常胚胎，作为传导反应

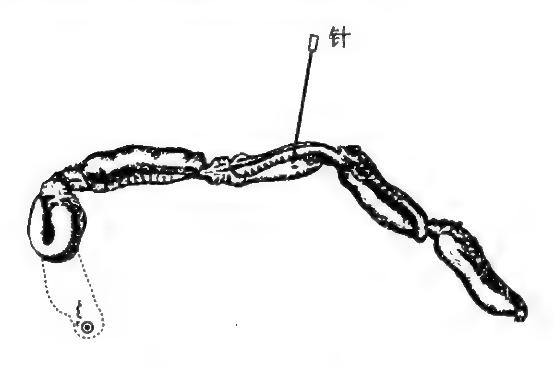


图4 “小火车”实验模型

(用针刺激无神经幼虫后，正常幼虫的反应)

的指标，形成“小火车”式的联体。“车头”是一个正常胚胎，“车厢”是几个无神经胚胎。当这样的联体发育到一定时期，机械刺激任何一个无神经胚胎，它本身虽然没有反应，但前端的正常幼虫表现出强烈的收缩反应（图4），说明无神经幼虫受到的刺激通过一种非神经的组织传导到前端的正常幼虫。实验证实这种非神经的组织就是表皮。后来的实验指出，表皮的传导能力和胚胎的年龄密切相关。最早出现的传导能力是当胚胎前肾隆起的时期，到第一对外鳃开始出现分支，表皮的传导能力就消失了。过去关于两栖类胚胎表皮是否具有传导能力的争论终于得到了肯定的结论。在两栖类胚胎发育的一定阶段，当神经系统执行功能之前，胚胎表皮具有传导能力。对胚胎表皮进一步研究的结果可以归纳为以下三个方面：

一、传导的性质

用电生理的方法测试，发现胚胎表皮的传导兴奋时伴有电活动，在表皮具有传导能力的阶段，在兴奋的过程中可以记录到典型的动作电位，动作电位的波形类似心肌的动作电位。这种动作电位既依赖于钠离子，又依赖于钙离子。在表皮细胞具有传导能力的发育阶段，离子依赖性没有明显的改变。

表皮细胞是胚胎发育中的一种可兴奋性细胞。一般来说，发育中的胚胎细胞的性能既取决于细胞的本身，也受邻近组织的影响。用实验胚胎学的技术分析研究的结果表明，表皮细胞兴奋性的产生和消失取决于表皮细胞的本身，也就是由表皮细胞的分化状态所决定的。但是，它邻近的中胚层和内胚层却能影响并增强它的兴奋性。

二、传导的结构基础

细胞间的信息传递可以通过动作电位的直接传导，也就是所谓电突触，而这种电的传导只发生在一种称为间隙连接（gap junction）的特殊连接结构。冷冻蚀刻复型膜的电镜观察揭示，在胚胎表皮细胞具有传导能力阶段以及它前后阶段都能观察到间隙连接。但是，它们的出现频率和大小都不相同，而且间隙连接的结构单位（连接子）的排列密度也不一样。间隙连接在具有传导能力的时期，出现频率高、面积大、连接子排列疏松。在传导能力出现以前和消失以后，出现频率低、面积小、连接子排列紧密。

间隙连接的形态变化和胚胎表皮细胞传导能力之间的平行关系提示，在神经系统建立之前，间隙连接在表皮细胞间的兴奋传导起重要作用。

三、胚胎早期兴奋传导的通路

关于胚胎表皮细胞兴奋性如何传导到神经系统并引起反应，前人的工作只限于形态学的资料，认为是通过Rohon－Beard（R－B）细胞。R－B细胞是位于脊髓背侧的巨大神经细胞。为了进一步检测R－B细胞的功能，进行了各种缺损手术。切除两侧R－B细胞，刺激表皮不能引起反应，说明表皮细胞的兴奋是通过R－B细胞传递到神经系统，证明R－B细胞是原始感觉神经元，是胚胎时期执行输入功能的感觉细胞。结合神经板单侧或不同部位切除实验，认为在表皮细胞具有传导能力的时期，刺激表皮所产生的兴奋通过R－B细胞输入脊髓，再经过其中的

通路传导到运动神经元，引起肌肉收缩，产生早期弯曲反应。

这项工作的绝大多数实验是用两栖纲有尾目东方蝾螈进行的，同时在无尾目的黑斑蛙和爪蟾的胚胎时期也发现表皮传导的现象。两栖纲主要由这两目组成，可以认为表皮传导是两栖纲动物胚胎共有的一种传导机制，它不应是一种孤立的现象。在更高等的脊椎动物中是否也有这一现象呢?前人报道，在低等脊椎动物，如圆口纲中的七鳃鳗和软骨鱼中的魟鱼的胚胎都有R－B 细胞，但这种细胞的功能是什么？这类低等动物胚胎是否也存在表皮传导？这些问题都需要进行探讨。从系统发育考虑，表皮传导显然是一种较为原始的刺激传导方式，而且它是暂时性的，在胚胎的感觉系统完全建立起来后，它就会消失。这两者之间是怎样“交班”的？从低等到高等，这种传导机制是怎样被神经系统所取代，是否是传导机制的进化？这些问题，既是发育生物学的，也是神经生物学的，都还有待进一步去探索。

参考文献

庄孝僡，戴荣禧：关于两栖类胚胎表皮的传导能力，《科学通报》，12：91～93，1961。

庄孝僡，武玮璘，孙以安：蝾螈胚胎表皮兴奋和传导能力的出现和消失，《实验生物学报》，15：493～501，1982。

范世藩，戴荣禧：蝾螈胚胎表皮的电活动，《科学通报》，10：38～39，1962。

庄孝僡，武玮璘，孙以安：中胚层在有尾类胚胎表皮传导中的作用，《实验生物学报》，16：237～239，1983。

戴荣禧，庄孝僡：关于Rohon－Beard 细胞的功能发育及其与胚胎早期行为的关系，《实验生物学报》，19：355～368，1986。

（曾弥白）

银鲫天然雌核发育［Natural Gynogenesis of Silver Crucian Carp（*Carassius auratus gibelio*）］

银鲫天然雌核发育生殖方式的阐明是我国鱼类细胞遗传学和发育生物学研究实践的特色与创新，是我国两代鱼类遗传育种学家从实践到理论，从理论到实践，理论与实践结合，知行合一，不断探索、不断发现、不断认识和不断应用的结果。

80 年代初期，中国科学院水生生物研究所的鱼类遗传育种学家蒋一珪等在进行鲤、鲫鱼类的杂交育种时，发现了一个非常有趣的现象。他们以黑龙江省方正县双凤水库的方正银鲫(*Carassius auratus gibelio*)作母本，用兴国红鲤（*Cyprinus carpio*）作父本进行杂交育种试验。试验结果超越所望，出现了新的现象。所产后代不是鲤鲫杂种，其表型不但与母本相似，而且表现出生物学效应。由于这些后代被证明是由异源精子刺激银鲫卵子雌核发育而来并具有促进生长等异精效应，因而蒋一珪等将其称为异育银鲫，并提出了异精雌核发育（allogynogenesis）的观点。该观点突破了鱼类雌核发育的传统概念，开拓了鱼类雌核发育的调控理论与应用基础研究，取得了一系列的新发现和新认识，由此培育的异育银鲫自80 年代初在全国开始推广养殖后，已带动了鲫鱼养殖产业的发展，取得了重大的社会经济效益。

与迄今在低等脊椎动物中已发现的50多种单性物种相比，雌核发育银鲫明显不同。多年观察结果表明，在银鲫的自然种群和人工自交繁育群体中，存在有5％至20％的个体为三倍体两性型种群；当其卵子用其他鱼类的精子授精时，其后代全为雌性，受精生物学研究显示其生殖方式为雌核发育。因此，银鲫是一种独特的雌核发育的两性型种群。

长期的研究积累表明，我国银鲫的生殖

方式是雌核发育的一个特例，可能处于雌核生殖和两性融合生殖之间，既相对稳定又不是一成不变，其卵子对外来精子的应变能力可能也不尽相同，因而在其异精雌核发育的子代中有可能出现一些例外的个体。依据这一观点，中国科学院水生生物研究所桂建芳等在异育银鲫人工繁育群体中发现了少数体型和体色产生了一定变化的特殊个体，尤其是在密养的鱼种池中，这些特殊个体要比普通异育银鲫大得多。染色体分析表明，这些特殊个体既保持了银鲫的全部染色体（162个），又融入了红鲤精子的单倍体染色体组(50个染色体)，具有212个染色体，有6条携带有核仁组织者的染色体，因而被称为复合四倍体。复合四倍体的基因表达多数偏向于银鲫，即银鲫的染色体组在其基因表达调控中起了主导作用，这与其染色体组占多数有关，同时红鲤的基因也发挥了一定作用，出现了银鲫原来所没有的区带或原有的区带受到抑制等现象；在复合四倍体不同个体间存在有遗传异质性，这种异质性包含了来自父本红鲤基因组的遗传影响。

复合四倍体鱼能正常产卵，当卵子用其母本种银鲫的精子授精时，胚胎多为畸形，难以孵化出苗。细胞学观察表明，精核入卵后发生了解凝和原核化。染色体分析发现，胚胎细胞染色体多于212个，多数在230～240之间，这种发育方式被称之为拟两性融合发育。当复合四倍体鱼的卵子用红鲤或其他鱼类的精子授精时，胚胎发育正常，孵化出正常鱼苗。细胞学观察表明，其精核以固缩状态存在，胚胎细胞含有212个染色体，为典型的异精雌核发育，繁育出正常的复合四倍体子代。在此基础上，着重对复合四倍体鱼与银鲫雄鱼交配的拟两性融合生殖应答方式进行了受精生物学和染色体倍性鉴定等研究，并对其存活后代的生物学特性进行了分析，发现了少数发育方式的变异，且这些变异具有明显的育种意义。

复合四倍体的发现，证实了银鲫卵抑制精核发育机制只是相对稳定的观点，说明银鲫卵仍保留有能使异源精核解凝和原核化的潜能。研究表明，银鲫受精卵经冷休克等人工调控处理后，部分卵子中的入卵精核发生了部分解凝、原核化，并与卵子的雌性原核发生了融合，并由此鉴定筛选出了具有明显遗传标记的银鲫复合种。实验结果还表明，向银鲫卵质中注入胰蛋白酶、碱性磷酸酶或DTT这些活性物质后，银鲫卵质也获得了诱导入卵精核形成雄性原核的能力。DTT和蛋白水解酶可能是通过分别还原精核组蛋白中的二硫键和水解精核组蛋白，从而诱导精核在卵质中形成雄性原核。因此，雌核发育银鲫卵子中可能缺少了某些促进雄性原核形成的因子，或者含有某些抑制精核解凝及原核化的特殊因子。

采用蛋白质电泳和DNA指纹图谱分析方法，还在雌核发育银鲫中鉴别出了不同的雌核发育克隆，发现银鲫具有明显的遗传多样性和异质性。通过遗传标记与人工繁育试验分析，已基本确认银鲫与其复合四倍体相似，具有两种不同的生殖方式，即异精雌核发育和两性融合生殖，且其遗传多样性与其独特的生殖方式相关。银鲫雌核发育机理研究之所以不断发展，主要得益于理论与实践的结合，得益于产业的推动，得益于研究的创新。过去的研究还仅仅是通过细胞学手段揭示了部分现象，而隐藏在银鲫中的奥秘还有待于我们采用更新的技术去认识和发掘。

有趣的是，随着我们研究的不断深入，西方学者也已开始涉足这一领域。1995年，德国学者Schartl等在一种称为亚马逊莫莉（学名为*Poecilia formosa*）具有雌核发育生殖方式的小型鱼类中，也发现了类似于银鲫异精

效应现象。这一报道晚了我们10多年，其共同性是基本一致的。由此看来，雌核发育具有某些共同的特性，这些特性使雌核发育鱼类可以与其他两性物种发生有限的基因交流，从而促进了雌核发育物种的进化。因此，银鲫这一独特的天然雌核发育生殖方式仍蕴藏有奇异的研究潜力，分子生物学的发展为进一步开发这些潜力提供了新的机会。目前，中国科学院水生生物研究所已开始从雌核发育调控因子的鉴定和分离、异精效应和“异精雌核发育介导基因转移”的机制以及银鲫和“银鲫复合种”的遗传多样性及其种质评价等方面开展研究，将有可能从进化遗传学和发育生物学研究领域取得新的突破。

参考文献

朱蓝菲，桂建芳，梁绍昌，蒋一珪：《水生生物学报》，19（1）：66～69，1995。

桂建芳：银鲫天然雌核发育机理研究的回顾与展望，《中国科学基金》，11（1）：11～16，1997。

蒋一珪，梁绍昌，陈本德等：《水生生物学报》，8（1）：1～13，1983。

Fan, L. C., Gui, J. F.（桂建芳），Ding, J., Zhu, L. F., Liang, S. C. & Yang, Z. A.: *Developmental & Reproductive Biology*, 6: 33～44, 1997。

Gui, J. F.（桂建芳），Liang, S. C., Zhu, L. F. & Jiang, Y. G.: *Chinese Science Bulletin*, 38 (4): 327～337, 1993。

Zhou, L., Wang, Y. and Gui, J. F.（桂建芳）: *Cytogenetics and Cell Genetics*, 88: 133～139, 2000。

（桂建芳）

蓖麻蚕的引种驯化（Introduction and Domestication of *Philosamia ricini*）

我国是桑蚕的祖国，几千年来，以饲养这种吐丝的昆虫而闻名于世，并首先发明缫丝技术。世界上已知的有三百多种吐丝较多的昆虫。我国主要有两种，一种是早已驯化成家养的桑蚕，另一种尚属于野生放养的柞蚕。此外，如日本的天蚕和印度的蓖麻蚕，各有优点可取。为了争取更多的蚕丝，除了发展桑蚕和柞蚕以外，发展蓖麻蚕也是一条重要的途径。

蓖麻蚕属鳞翅目天蚕蛾科多化性的绢丝昆虫，吃蓖麻叶，原产于印度阿萨姆地区，在那里四季湿热，蓖麻终年常绿不凋，蓖麻蚕的饲料充足，长年连代发育，无休眠。要把这种亚热带的昆虫引种到其他地区饲养，使其能适应当地的气候环境，必须经过驯化。有些国家曾经引种饲养蓖麻蚕，都未见发展。解放前，曾有人数度将其引入我国饲养，也没有成功。

1951年，朱洗等把蓖麻蚕引入我国后，先从摸索和掌握它的生活习性入手，并在冬季寻找替代饲料，以蒲公英等野草喂食，因而蓖麻蚕首次度过了没有蓖麻叶的冬天，留下了后代。但是，接着在开始的几年里，却遇到种种困难，几次威胁着这一工作的进展，蚕种几乎绝灭。在朱洗主持下，细心观察，检查失败的原因，攻克了一个又一个难题。

一、冬季保种的问题

驯化蓖麻蚕食野草 张果等将蓖麻蚕在人工繁育的条件下，教养它们吃多样性的食料，以此增强这种新蚕在温带地区的适应力，并在冬季加温补湿的环境中照常繁殖，安全保种过冬。

从上海郊区采集了几十种常见的野草和市场上冬季供应的蔬菜试育蓖麻蚕。试验结果表明：以蒲公英为最佳，能完全替代蓖麻叶，且四季都能利用。野草中尚有野蓟等会使蚕儿食至结茧，绵延种族。蔬菜方面也有不少种叶子，如莴苣、塔菜、胡萝卜等叶子，都能够在全龄中替代。

教养蓖麻蚕专食这类野草后的幼虫、蛹和蛾的强健性、产卵量、受精率与孵化率，以及全茧量、茧层量和茧层率等，由于人工选择、两性选配等方法，使它们得以逐步递增。专食蒲公英的蚕，经过逐代选育和繁殖以后，对于结茧率、茧层率以及产卵量等都能够逐步提高。专食四五代蒲公英的蚕，待7～8月间改回食蓖麻叶，则提前上簇，茧层方面也不逊色。

采用杂交方法培育越冬种　蓖麻蚕经过培育，虽能利用蒲公英保种过冬，但总觉麻烦。王高顺等将蓖麻蚕与樗蚕（臭椿蚕）杂交并培育越冬杂种，得到了越冬的杂种蛹。印度的蓖麻蚕和我国的樗蚕亲缘关系很接近，它们的外形很相似，细胞核中的双倍染色体数目一般是2N＝28。它们能够互相交配，产生健全的子代。开始用蓖麻蚕雌蛾与樗蚕雄蛾交配，所得的子代都不能过冬，之后，在人工培育下，越冬率逐渐增加，能越冬的占50.9%，其中有一个蛾区达到96.3%。经多年连续试验表明，24 ℃以下的中温有利于冬眠，同时，吃臭椿叶也能提高冬眠率。这类休眠蛹，休眠的性质不十分稳定。在23 ℃～28 ℃下，有一部分陆续化蛾，到三个月全部化蛾，都能交配传种；在20 ℃中，到三个月羽化的占60%以上，故在春夏，各代所得到的休眠蛹，必须冷藏，才能眠过寒冬，最适当的冷藏温度为7 ℃～10 ℃。秋末最后一代的蛹，连同茧子保存在自然环境之下，使其越冬，即使在－5 ℃过一个月，亦无危险。若经常在8 ℃冷藏这类蚕蛹，那么，冷藏时间愈长，则将来在适温中（25 ℃）羽化的时间愈短；冷藏时间愈短，则羽化所需时间反而愈长。杂种后代对于高温和高冷的抵抗力比蓖麻蚕强得多，全茧量略有增加，茧层率平均可达13. 7%，丝的强力比蓖麻蚕的增加55.3%，伸长度增加23%，产卵量尚好。但幼虫行为较敏捷，有逃失的危险，经过驯化，野性逐渐减少。

用樗蚕雌蛾与蓖麻蚕雄蛾杂交，其后代幼虫的活动力更强，更易逃失，杂种个体较大，茧层也较厚，已得到越冬蛹。

二、蓖麻蚕生长及发育的温度范围

蓖麻蚕原产印度，那里四季炎热，最高温度可达30 ℃以上，最低温度也不在20 ℃以下。这种蚕引到我国温带地区，东南各省气候较温，与印度相差不远；西北各省几乎是大陆性的气候：夏秋两季，昼热夜凉，一日数变，这样的气候适宜种植蓖麻，但是否能饲养蓖麻蚕，成为亟待解决的问题。为此，蒋天骥等进行了温度与蓖麻蚕的生长及发育的关系研究。

恒温环境中饲育　将蓖麻蚕分别收养在10 ℃、15 ℃、20 ℃、25 ℃、30 ℃、35 ℃的恒温箱中。实验结果表明：蚕室温度在15 ℃～30 ℃的范围内都能饲养蓖麻蚕，特别是30 ℃高温能促使蚕的龄期缩短，体重增加，茧层也好，对于一般以得丝为目的的蚕农是有利的；但羽化交尾不良，对于制种是不利的，所以制种场里蚕室温度应以25 ℃左右为最适宜。

变温环境中饲育　一般蚕室很难控制温度。自然界的温度，昼夜变化更大，尤其是大陆性气候的西北地区，昼夜相差10 ℃～20 ℃是常有的事。为研究蓖麻蚕能否在变温环境中正常发育，进行了变温环境中饲育试验。设有6个恒温、恒湿又能通气的箱子，温度是10 ℃、15 ℃、20 ℃、25 ℃、30 ℃、35 ℃，然后把蚕轮流在这6种温度的恒温箱中养育。各组蚕，每一天内要经过6种不同的温度，夜间温度降低到最低临界线以下（10 ℃），白天升至最高临界线以上（35 ℃）。试验结果表明：这样变温养育，全龄期是22天16小时，接近于20 ℃常温中养育的龄期，

全龄淘汰率只有5.5%。蚕重、茧重、茧层率等并不逊色。由此表明，大陆性气候，昼夜蚕室的温度虽然变化很大，但无碍于蓖麻蚕的生存与发育。变温羽化的蛾除少数(17.6%)不很正常，翅展不佳外，其余都能正常交尾产卵。卵的孵化率只有50%左右。这虽不是制种的理想环境，但以得茧为目的，仍是可以的。

三、孵卵和保蛹的环境条件

蓖麻蚕原产印度炎热多雨多湿的气候中。蓖麻蚕引入到上海后，蚕卵在室温中，也孵化得很整齐，但一到夏秋炎热而干燥的天气，孵化即发生困难。曾有一批3万～4万粒蚕卵，在自然环境中，只孵出一条小蚕。为了解决这个问题，蒋天骥等就湿度与蓖麻蚕孵化的关系进行了研究。

用不同蛾所产的卵，经过充分均匀的混合，分成四组，每组600颗，分别放进4种湿度不同(相对湿度为100%、84%、63%与0%)而温度固定在25 ℃的恒温箱中。实验结果表明，蚕卵孵化率的好坏与环境湿度的高低成正比的关系。在完全干燥的环境中，相对湿度为0%，虽有近90%的胚胎已勉强长成小蚕的模样，可是没有一条能抵达完善发育阶段。这是因为胚胎在组织分化过程中，需要来自外界的水汽，否则发育必受阻碍。同时，在干燥环境中，卵壳因干燥而硬化，蓖麻蚕无法破壳而出；若相对湿度提高到63%，孵化率为31%；相对湿度提高到84%，孵化率达到90%；在饱和湿度下，孵化率竟高到98.48%。之后，又做过多次同样试验，卵数万颗以上，结果是一致的。

另外，又分析了高温的持续时间对蓖麻蚕蛹的影响。结果表明：30 ℃以上的经常高温对蓖麻蚕蛹有很恶劣的影响，羽化的蛾翅萎缩，交配困难，产卵量少，且不能孵化；蛹越老，适应高温的能力越弱，高温时间越短，影响越小；7天内的新蛹，每天所受的高温时间不超过8～10小时，这样可以连续3天，无妨传种接代，不过孵化率可能要较正常减少一点。蓖麻蚕生殖器官的耐热能力显然比躯体器官弱，若超过30 ℃，就有绝嗣的危险。

四、防治软化病的方法

蓖麻蚕吃了水叶，非但不会像桑蚕一样引起软化病，而相反还有增加体重和茧层量的趋向。1953年发生软化病，病势十分猖獗，有几个蚕区的蚕全部死亡。为了解决这个难题，王高顺等进行了防治软化病研究。

软化病发生于消化道，然后遍及全身，能致蚕死亡。病菌种类颇多，从病蚕体液中分离出两种主要病菌：双球菌和链状球菌。采用福尔马林或漂白粉作为防治软化病的药品。实验结果表明：(1) 治病的方法：在饲养蓖麻蚕过程中，如发现小黄蚕、脱皮不良等现象，就应该用福尔马林（1%～2%）浸洗蓖麻叶，再用这样的水叶喂蚕；如在二眠前的幼虫，一经吃进病菌，即使再添食浸过福尔马林的叶子，也无效，全部死亡；自三龄开始，如蚕吃进病菌，添食浸过福尔马林的叶子，上簇率为9%～89%。或者采用福尔马林液气熏蒸，一眠蚕身上染病菌，即使用福尔马林气熏，也无效；二眠蚕，养在福尔马林气箱中，可救活19%，在平常环境中，则全部死亡；到三眠时，将它们养在福尔马林气箱中，有87%结茧，如在普通环境中只有1/3结茧。(2) 防病方法：一种是福尔马林清洗法，将产下的卵块（以卵产下第四天后为佳）用麻布包成小包，每包约200克，即投入2%福尔马林中消毒，温度为25 ℃，然后用手（带橡皮手套）在麻布外方轻轻将卵块搓散，消毒时间为20分钟，随后用水冲洗，再平摊在清洁的纸上，阴干。另一种是漂白粉浸洗法，以卵产出第6天后进行为佳，用0.5%～0.7%漂白粉消毒，温度为15 ℃～25 ℃为

佳，最高不得超过28 ℃，消毒时间为10～20分钟，取出用水洗净。

五、蓖麻蚕的推广及经济效益

在朱洗主持下，在有关科技人员通力合作下，通过三年的时间，解决了蓖麻蚕的饲育方法、保种及蚕病防治方法等，为蓖麻蚕在我国农村推广打下坚实的基础。首先，朱洗等为全国举办两期训练班，培训技术骨干一百多名。汇编出版了《蓖麻蚕文集》（一、二集）及《怎样饲养蓖麻蚕》等五种科普小册子。自1954年起先后在安徽、江苏和广东地区试养。1960年在广东湛江地区普遍推广，随后在全国23个省（直辖市、自治区）推广。为使推广工作能正常进行，在王高顺带领下，派出有经验的技术人员深入到农村蚕种场，解决关键技术问题。1959年，与广东湛江地区农业局等单位协作，在广东湛江地区以木薯叶饲养蓖麻蚕获得成功，开辟了充足的饲料来源，使饲养蓖麻蚕有了很大的发展。以广东和广西两省为例，1964年两省饲养蓖麻蚕190万盒，得到茧皮300万千克，可织绢绸1840多万米，蚕蛹、蚕粪还可综合利用。蓖麻蚕丝的优点是吸色性好，弹力强，耐磨性比桑蚕丝高30%。它的丝条是扁曲的，易与羊毛混纺成丝毛织品，如呢绒等。

1962年朱洗撰写了“关于臭椿－蓖麻－蓖麻蚕－寄生蜂的连串发展和综合利用问题的刍议”。他认为：我国各地都宜生长臭椿，树的纤维可作人造纤维的原料；发芽早，五月可利用臭椿叶养蓖麻蚕，即可多养一代；蓖麻蚕与樗蚕（臭椿蚕）杂交，可得到越冬的杂交种，解决蓖麻蚕在我国过冬问题。蓖麻叶可喂蓖麻蚕；种子含油量多，是工业油料；蓖麻的皮层可作麻袋原料。利用蓖麻蚕卵作赤眼寄生蜂的培养基，利用寄生蜂消灭虫害（如棉铃虫、螟虫等）。因此，他认为，它们的连串发展和综合利用，对于生产的发展是有很重要意义的。

参考文献

中国科学院实验生物研究所编：《蓖麻蚕文集》（第一集），北京：科学出版社，1956。

中国科学院实验生物研究所编：《蓖麻蚕文集》（第二集），北京：科学出版社，1959。

朱洗：关于臭椿－蓖麻－蓖麻蚕－寄生蜂的连串发展和综合利用问题的刍议，《红旗》，6：34～41，1962。

（林志春）

生殖生物学研究（Studies on Reproductive Biology）

生殖是生命之本，没有生殖，生物就不能繁衍，系统进化就不能出现。生殖生物学就是综合研究生殖的科学。生殖生物学研究首先从描述性研究开始，然后是实验性探讨。在20世纪初首先将激素概念引入生理学后，生殖生物学的研究取得了快速发展。到30年代末，人们在甾体激素提取纯化和特性分析的基础上，成功地进行了性甾体激素的化学合成，并在激素调节生殖活动的研究中取得重大突破，因而一个新的学科名称——生殖内分泌学应运而生。随着细胞和分子生物学研究技术快速发展和引入到生殖研究，又把生殖内分泌的研究推到一个新的深度和广度。一个新的、与其他学科并行的学科研究领域——生殖生物学诞生。在我国，生殖生物学的发展较迟，直到70年代后期，由于控制人口的迫切需求，才把与生殖相关的研究提到重要位置。1985年，中国科学院动物研究所成立了生殖生物学开放实验室，在1991年又升为生殖生物学国家重点实验室，成为我国生殖生物学的研究基地。此外，在全国各省市建立了计划生育科学技术研究所，在某些院校也建立了生殖生理研究室。生殖生

物学研究在我国得到迅速发展，使某些研究领域进入国际先进行列，某些研究成果在国际上处于领先地位。

排卵　60年代初，张致一等研究了两栖类的排卵机制，提出孕酮是两栖类的主要排卵激素。通过对类固醇结构与功能分析发现，3β-酮基有较大的排卵活性，而11-羟基或酮基（如雌激素）则有明显抑制排卵的作用；70年代初，龚岳亭在我国首次人工合成促性腺激素释放激素（GnRH）及高效能类似物（GnRH-A）。在张致一组织下，进行GnRH-A对家鱼催情的系统研究，发现它能刺激鱼类卵细胞成熟和排卵，并在全国推广应用，取得一定经济效益。随后林浩然等以我国主要淡水养殖鱼类为对象进一步研究发现，GnRH能刺激鱼类脑垂体促性腺激素（GtH）的合成和分泌，而多巴胺则抑制GtH的分泌，提出了GnRH加多巴胺受体拮抗剂的鱼类催产配伍方案。70年代后期，张致一领导的研究组进一步研究了GnRH-A、垂体两种促性腺激素FSH和LH对家畜动物促排卵作用，并取得重要成果。

80年代中期，刘以训等对哺乳动物排卵机制进行了系统研究，取得重要突破。他发现，卵泡颗粒细胞（GC）和卵细胞主要表达组织型纤溶酶原激活因子（tPA），而构成卵泡壁的膜细胞（TC）则主要表达tPA的抑制因子PAI-1。在激素作用下，tPA和PAI-1基因在卵泡不同细胞的协同表达，导致局部蛋白水解流“窗口域”的产生，引起卵丘一卵母细胞复合体游离，卵泡局部破裂和排卵发生。他们的系列研究进一步证实：（1）能促进GC tPA基因表达的激素和化合物能诱发排卵；（2）能抑制GC tPA基因表达或促进PAI-1基因表达的激素和化合物则能抑制或延缓排卵；（3）对10余种哺乳动物（还包括脊索动物文昌鱼）的卵巢检查表明，它们都含有tPA，并受促性腺激素调节；（4）对恒河猴的系统研究证实促性腺激素同样可诱导卵泡tPA和PAI-1基因协同表达，并同样是灵长类卵泡破裂的原因。在上述研究的基础上，刘以训等提出了新的排卵假说，得到了国际同行们的赞同和频繁引用。

黄体萎缩　黄体是由排卵后残留的GC和TC转化形成的一个暂时性内分泌器官，能分泌孕酮以维持早期妊娠。70年代末期，柳建昌、王建辰等分别对前列腺素治疗奶牛持久黄体不育症和山羊黄体萎缩的作用进行了研究，使人工授精的受胎率和产仔率有显著提高，并在全国大部分省市推广应用。程治平所领导的研究组的系列工作发现，黄体细胞上有酪氨酸受体，酪氨酸有抗hCG致孕酮生成的作用，认为酪氨酸可能是hCG致孕酮生成过程中的局部调节因子。同时他们还提出实验证据说明黄体萎缩伴随细胞凋亡，酪氨酸和抑制素α亚基片段有抑制黄体细胞凋亡的作用。王寒正证明人的黄体细胞有干扰素（IFN-γ）受体，IFN-γ可抑制黄体细胞的孕酮产生。祝诚利用离体灌流实验进一步证实，IFN-γ和IFN-α都能抑制假孕大鼠黄体细胞分泌孕酮。刘以训、陈毅军和高洪娟等对大鼠和恒河猴黄体的系列工作进一步发现，线粒体表达的甾体合成灵敏调节蛋白（StAR）可作为黄体功能的灵敏指标，某些细胞因子（如IFN-γ和TNF-α）对黄体功能的抑制作用是通过对StAR合成的抑制作用实现的，并证实黄体细胞凋亡只同黄体结构性萎缩相关。黄体形成和萎缩伴随有组织重建和改组。刘以训等最近的系列工作证实，由PA系统所介导的ECM降解参与黄体形成和萎缩。uPA可能参与黄体发生，而tPA可能参与黄体萎缩过程。

受精　精子穿过透明带与卵子结合称为受精。透明带和精子膜表面蛋白可能在受精

过程中起重要作用。在70年代，刘学高等从鱼卵透明带中纯化出一种抗原，对小鼠和家兔主动免疫后，有抗生育作用；随后潘善培等从猪卵透明带中纯化出精子受体特异组分（ZPB 和 ZPC），有抗生育作用，但不影响卵巢功能；卢惟钊也从猪的透明带中纯化出一种能抑制精子结合的抗原；80年代，王琳芳和严缘昌等分离到七种有免疫原性的精子膜蛋白，制备了能引起人精子尾对尾凝集作用的单抗，并有较强的抑制精子卵子结合的能力；同时贲昆龙也纯化出几种精子表面抗原，并制备了特异单克隆抗体；90年代，庄大中和陈大元筛选到一株小鼠单克隆抗体称为MSH27，具有阻止精卵融合的作用。

王一飞和吴明章等在80年代初期发现精子膜上缺乏凝集素受体是男性不育的原因之一；陈大元等对大熊猫精子体外获能与穿卵做了超微结构研究，提出精子膜囊泡化源于其顶体双层膜的自我融合；孙青原研究了精子发生与成熟过程中丝裂酶原激活蛋白激酶（MAPK）的激活与表达，证实MAPK 可能与生精过程中有丝分裂和减数分裂的启动及精子运动有关；石其贤研究发现，精胺可通过阻断钙离子通道抑制胞外钙内流，使胞内cAMP 水平降低，防止精子过早获能，同时还发现精子表面存在两类孕酮受体，即GABA a 受体和钙离子耦联通道相关受体，孕酮在精子顶体反应中扮演启动因子的角色；严缘昌也进一步证实生精细胞表达GABA a 样受体，并在顶体反应中起重要作用。陈小章和严缘昌等发现精子具有钙离子激活的钾通道和P_{2n}受体的表达，ATP 对精子功能起重要作用，受精可引发卵内钙离子振荡。最近孙方臻等从精子提取物中纯化到一种可溶性蛋白分子，将它注射入卵子后可引起和体外受精完全相同的钙离子振荡模式；注入受精卵则不引发此种反应。因此它被认为是一种引发卵子钙振荡的特异精子因子。同时他们发现在卵细胞中存在一种与钙离子振荡相关的特异结构。本项研究为揭示受精的分子机理提供了重要证据。

胚泡着床　胚泡着床是一个极其复杂的生理过程，涉及胚泡和子宫的识别和相互协调作用。早在70年代末期，张致一就提出了胚泡与母体信息识别概念，认为受精卵在着床前可能表达和分泌一种信息分子能被母体子宫识别。刘以训等发现，GnRH 可通过抑制大鼠形成蜕膜抑制妊娠，并发现在蜕膜中存在GnRH 受体。随后的系列研究发现雌激素和孕激素与其受体在大鼠胚泡着床过程中起重要作用。李伟雄等发现除雌激素和cAMP 外，cUMP 同样有促着床作用。谢衷明、杨丽珍等证明，性激素、前列腺素和植物性神经介质三者相互制约调节输卵管峡部的关闭和开放，以决定孕卵适时地进入子宫。80年代，在张致一指导下刘展环等发现，大鼠子宫内膜存在hCG 受体，蒋领根等证明hCG 有促着床作用。随后曹泳清等确定在兔胚泡液中存在子宫珠蛋白样物质，能创造适于胚泡着床的内环境；进而她所领导的研究组从妊娠早期兔胚泡中分离和纯化出4种与着床相关的凝集素结合蛋白，并研究了它们在胚泡着床过程中的功能。在90年代曾国庆等建立了小鼠离体胚泡着床模型，证明层粘连蛋白、纤粘连蛋白通过其受体促进滋养层细胞的扩张。庄临之等建立了首株人滋养层细胞系，为在离体下研究其功能与调节提供了重要模型。同时朱正美等探讨了寡糖在胚泡着床中的作用，证明Ley 寡糖与母胎细胞间的识别和粘附有关。刘承权等建立了小鼠子宫内膜细胞、脱膜细胞和胚胎三培养方法，证明胚泡对着床窗口的启动起重要调节作用。杨增明等研究了白血病抑制因子（LIF）及其受体在胚泡着床中的作用，发现LIF 在

包括灵长类在内的哺乳动物子宫中在胚泡着床前达到高峰，着床后逐渐下降，证实LIF 和它的受体在灵长类胚泡着床中也起重要作用。陈贵安和祝诚等分别研究了PA－PAI-1系统和MMP－TIMP 系统在人和大鼠子宫中的表达和调控，发现两者在雌孕激素调控下所介导的ECM 局部降解可能在胚泡着床中起重要作用。

参考文献

Zhang，Z. Y. （张致一）：Researches on Reproductive Biology — A Review，*Advances in Science of China*，2：43～62，1987。

王志均，陈孟勤主编：《中国生理学史》，北京：北京医科大学中国协和医科大学联合出版社，167～171，1993。

谢启文：《现代神经内分泌学》，上海：上海医科大学出版社，239～296，1999。

Liu，Y. X. （刘以训）：Regulation of plasminogen activator system in the ovary (Review). *Biological Signals and Receptors*. 8：160～177，1999。

（刘以训）

动物分类学

（Zootaxonomy）

动物分类学是生物分类学中的一个重要分支，是识别动物种类、研究动物系统的科学。本门学科的研究对象是真核多细胞生物中从多孔动物门（Porifera）到高等脊索动物门（Chordata）全部35门后生动物(Metazoans)。在这些门类中，因节肢动物门中的昆虫种类特别多，已发展成单独的次一级分类学学科——昆虫分类学。由于无脊椎动物学和昆虫学另有专题介绍，故本条目仅简略叙之。

分类是认识客观事物的一种基本方法。远在原始时代，人类在生产和生活实践中就必须要辨别周围的事物，必须对动植物之可吃与不可吃（作为食物）、有用与无用（治病）、有害与无害（御敌）等进行必要的认识，才能生活下去。因而对动植物的分类识别并给以一定名称，在人类早期就已开始。在我国古代，已有不少有关动物的记载，殷商时代（约公元前16 世纪～公元前11 世纪）的甲骨文里，可以找到马、牛、羊、猪、犬、鸟、雉、雀、燕、鸡、兽等动物名称的雏形。最早的古籍记载见于《诗经》（公元前11 世纪，距今约3 000 年），《诗经》是我国最早的歌谣集，在现今留下的8 卷300 余首诗歌中，其中提到动物的就有120 余次，诸如虫、蝉、龟、蛇、鸠、鸡、鹤、鹳、燕、鸳鸯、黄鸟（黄鹂）、兽、鼠、虎、豹以及鸟黍同穴等。在战国《礼经》的《周礼》一书中（约公元前4 世纪～公元前2 世纪），把生物分成动物和植物两类，而动物又细分为毛物、羽物、鳞物、介物和羸物等，已很接近现今的兽、鸟、鱼、两栖爬行和蠕形动物；在秦汉时期（约公元前1 世纪～公元2 世纪，相当于欧洲的罗马统治时代）的《尔雅》犹如一本各种词汇的词典，其中把动物分为虫、鱼、鸟、兽4 类，在释鸟部和释兽部中，记录有鸟类79 条，兽类61 条，甚至有“二足而羽谓之鸟，四足而毛谓之兽”之鸟兽定义。这个分类比林奈的六纲动物系统（Linnaeus，1758）只少了两个纲（两栖纲和蠕虫纲），但时代却早了近两千年；此后，在历代“农书”（家畜，家禽）、医学“本草”、“雅学”和“谱、志”中记录更多，明朝李时珍（1518～1593）的《本草纲目》记录有虫部四卷100 余条（除蟾蜍、蛤蟆、蛙和蝌蚪等外，大部分为无脊椎动物）；鳞部两卷69 条（多数为鱼类和海洋无脊椎动物）；介部两卷，多数为龟、鳖类和软体动物；禽部三卷，列有鸟类77 种和一些兽类如伏翼、鼯鼠（寒号虫）等；兽部两卷近60 条，涉及的兽

类有近百种。这是集我国历代古籍之大全，在虫、鳞、介、禽、兽5部中，列出动物约400种，并对这些动物的形态、习性和分布略有记述，比林奈的《自然系统》第10版（1758）还早160年。

中国学者仅在20世纪20年代初才开始我国动物分类学的研究：1922年在南京成立了中国科学社生物研究所；1925年，中国博物协会在北京成立并出版了《北京博物学杂志》（*Peking Natural History Bulletin*）；1928年前中央研究院在南京创建国立自然博物馆，同年尚志学会与中华教育文化基金会董事会集资在北京建立了静生生物调查所，成为当时国内规模最大的生物学研究机构；1929年，国立北平研究院设立动物研究所；1934年成立中国动物学会；另外还有一些地方性生物研究机构建立。1921年后，一些高等教育机构开始设立生物学系，开设普通动物学课程，培养生物学人才。一批动物学分支学科的先驱者陆续开展了我国部分地区动物区系和资源的调查研究。如在古脊椎动物和古人类方面，杨钟健、裴文中在1926～1937年间先后发表了许多兽类的化石新种和新材料；1929年裴文中在周口店发现北京猿人第一个完整的头盖骨化石，奠定了北京猿人在科学上的基础而闻名于世。

我国近代动物学的开拓者和主要奠基人是秉志，他是北京静生生物调查所的第一任所长，最早发表有关昆虫和浙江沿海、长江中下游无脊椎动物的区系调查报告。此后，作为他的学生或后继者，在20世纪30～40年代涌现了一大批我国动物学分支学科的学者和奠基人，其中大部分从事动物分类学研究。20年代末，中国科学家开始了我国海洋生物的分类研究，并取得了杰出的成绩，研究较多的是经济价值较高的鱼类，其次是甲壳动物和软体动物。30年代沈嘉瑞发表了一系列蟹类及其他甲壳类的论文。寄生虫分类有唐仲璋、陈心陶、江静波、钟惠澜和孔繁瑶等做出了贡献，唐仲璋自1939年开始发表寄生虫学研究论文，1945年创建我国第一个寄生动物研究室。陈义1931年首次发表蚯蚓论文，对多毛类、星虫和螠虫进行了研究，成为我国环节动物分类研究的开拓者。喻兆琦研究了海水和淡水的虾类，发表了一系列论文。张玺开拓了软体动物后鳃类和双壳类的研究。张凤瀛研究了棘皮动物。昆虫学家刘崇乐、蔡邦华、陈世骧、柳支英、萧采瑜、蒲蛰龙、周尧等，鱼类学家张春霖、朱元鼎、伍献文、方炳文、成庆泰、陈兼善，两栖动物学家刘承钊、张孟闻、丁汉波、胡淑琴、伍律，鸟类学家郑作新、常麟定、任国荣、傅桐生、周本湘等都成为我国鱼类、两栖类、爬行类和鸟类研究的开拓者。动物学家寿振黄，先开始研究鱼类、两栖类，后在秉志建议下，改研究鸟类分类，1936年发表专著《河北鸟类志》，是我国学者的第一部地方鸟类志，后来又转研兽类，成为我国兽类分类学的主要奠基人。石声汉、彭鸿绶、黄文几等都是解放前我国兽类分类研究的先驱。由于抗日战争和解放战争的影响，国内动物分类学的许多研究在1940～1955年间几乎处于停顿状态。

1955年后至今的半个世纪，我国动物分类学的研究有了突飞猛进的发展，主要表现在：

1. 中国科学院和有关部委有计划地组织了多次大规模、多学科、长时期的动物综合考察，内容多以分类区系为主，涉及大部分脊椎动物、昆虫和海洋无脊椎动物，地域遍及大江南北、万里海疆。较大规模的考察有1953～1957年的黄、渤海鱼类调查、东北兽类考察，1955年与前苏联合作的云南南部生物资源考察，1957～1960年的川西、滇北南水北调综合考察，云南热带生物资源综合

考察和华南热带生物资源综合考察，1958～1960年的新疆动物考察，1973～1980年的青藏高原科学考察，1980～1984年的青藏高原一横断山区科学考察，以及80年代后期的西南武陵山地区生物资源考察、青海可可西里科学考察、全国滩涂资源调查、海岛调查、国际海洋联合考察以及南沙群岛及其周围海区的海洋综合科学考察等。通过这些考察，取得了大量的第一手资料和数百万号标本，填补了无脊椎动物研究中的许多空白门类，如轮虫、多毛类、桡足类、蛛形类、伪蝎类、多足类和土壤动物等。这些标本和资料分别保存在中国科学院动物研究所、昆明动物研究所、水生生物研究所、上海昆虫研究所、成都生物研究所、海洋研究所、南海海洋研究所、古脊椎动物与古人类研究所、南京古生物研究所以及一些大专院校和有关产业部门的科研院所。标本总量远远超过1950年以前外国人从我国掠走的所有标本数。这为我国近代动物分类学的发展奠定了坚实的物质基础。

2. 培养和组建了一支动物分类学的人才和队伍：50年代后期至60年代，一大批年轻的动物分类学者在老一辈分类学家的培养下脱颖而出。他们通过多次大规模的野外考察和研究迅速成长起来，发表了许多分类区系的研究报告，成为我国近代动物分类学研究的中坚力量。除前述的老一辈动物分类学家外，在昆虫方面有朱弘复、张广学、陆宝麟、杨集昆、尹文英、郑哲民、郑乐怡、印象初、范滋德、邓国藩等，鱼类方面有孟庆闻、伍汉霖、曹文宣、陈宜瑜、乐佩琦、褚新洛、郑葆珊、李思忠、郑慈英、武云飞等，两栖爬行类方面有赵尔宓、杨抚华、费梁、叶昌媛、江耀明、黄美华、周开亚、赵肯堂、李德俊、杨大同等，鸟类方面有钱燕文、郑宝赉、谭耀匡、冼耀华、陈服官、闵芝兰、王岐山、马逸清、李德浩、彭燕章、杨 岚、李桂垣、宋榆钧、关贯勋、赵正阶、许维枢等，兽类方面有汪 松、高耀亭、王宗祎、冯祚建、罗泽珣、李致祥、王应祥、吴德林、郑昌琳、王廷正、徐龙辉、吴家炎、王丕烈、陈鸿嘉、陈兼善等。有些学者（特别是大专院校的学者）如陈服官、闵芝兰、王岐山、马逸清、陈兼善、周开亚、赵肯堂等，不仅局限于研究某一个类群，而是在鸟类、兽类、两栖类、爬行类和鱼类等诸多方面的分类研究都有建树。

3. 出版了大批考察报告、论文和专著，如：《中国蚯蚓》(1956)、《中国热带土壤动物》(1992)；《西南武陵山地区无脊椎动物》(1997)；《喀喇昆仑山－昆仑山地区昆虫》(1996)；《西南武陵山地区昆虫》(1998)；《中国蝶类志》(1994)；《西藏综合考察论文集》(1964)；青藏高原科学考察丛书（已出版的有西藏的昆虫、水生无脊椎动物、鸟类、哺乳类、鱼类、两栖爬行动物等卷册，1981～1987)；青藏高原横断山区科学考察丛书（已出版的有横断山区昆虫、鸟类、两栖爬行动物、鱼类、古生物，1992～1998)；《台湾脊椎动物志》(1956)；《中国鲤科鱼类志》（上，1964；下，1977)；《中国无尾两栖类》(1961)；《中国鸟类分布名录》(第一册，1955；第二册，1958；第二版，1976)；《秦岭鸟类志》(1973)；《中国鸟类区系纲要》(1987)；《中国鸟类种和亚种名录大全》(1994)；《东北兽类调查报告》(1958)；《西藏哺乳类》(1986)；《新疆北部地区啮齿动物的分类和分布》(1987)；《中国鹿类动物》(1992)；《中国脊椎动物化石手册》(1960～1961)；《青海可可西里地区生物与人体高山生理》(1996)。

一个国家动物分类专著和动物志的编著和出版往往代表着这个国家动物分类研究的水平，国家自然科学基金委员会和中国科学

院把《中国动物志》的编著和出版列为"八五"、"九五"的重大项目加以资助，截至2000年4月为止，已出版兽纲2卷、鸟纲10卷、爬行纲3卷、鱼纲3卷、昆虫纲15卷、甲壳纲3卷、蛛形纲3卷、腹足纲3卷、双壳纲2卷以及多毛纲、蛭纲、头足纲、海参纲、吸虫纲、肉足虫纲、粘孢子纲、珊瑚虫纲、原尾虫纲各1卷和中国经济昆虫志55卷。其中爬行纲3卷、软体动物3卷已经出齐，鸟纲14卷已出版10卷。"九五"期间（1998～2002）将再编写60卷《中国动物志》。

通过大量的考察、修订和增补，在世界现今35门动物中，我国已记载有29门。各门动物的种数都有很大的增长，但研究得比较深入、种数增长最多的是昆虫和脊索动物门的脊椎动物亚门（鱼类、两栖类、爬行类、鸟类和哺乳类）。如：《中国动物志·昆虫纲·蚤目》（柳支英主编，1986）记述了452种（亚种）蚤类，比解放前（70种、亚种）增加了5倍，其中在解放后记述的有13个新属（亚属）、100余个新种（亚种）。1949年以来，我国共记载昆虫新种10 500余个，近10年来每年约有500个新种发表，现今我国已知的昆虫种数已超过5.1万种，约占世界昆虫已知种总数的5.5%；鱼类从解放前的2 000多种增至3 860余种，已占世界种总数的17.53%；近十年来，我国两栖爬行动物的新种发现率占10%，现已有两栖类284种，约占世界种总数的7.08%，爬行类376种，约占世界种总数的5.97%；中国鸟类的种数已从解放初期的1 099种增加到1999年的1 255种；中国哺乳类在1955年以前仅记载314种，现今已达610种，其种数几乎翻了一倍，已占世界种总数的13.17%，种数之多为世界第一。

一般认为，哺乳类和鸟类在世界上所有动物中，其分类和系统被认为是研究得最清楚、最透彻的类群。鸟类要发现新亚种已属不易，哺乳类要发现新种（特别是大中型哺乳类）和新属更难。但60年代以来，在我国西南部和邻近我国西南部的周边国家和地区，有许多新的哺乳类新种甚至新属、新科被发现（其中有不少是大中型哺乳类）。60年代初，在紧靠云南西北部的缅甸北部发现了赤斑羚（*Nemorhaedus cranbrook*）；1974年在泰国发现一翼手目的新科——凹脸蝠科（Craseonycteridae）；80年代至90年代，在四川、中南半岛和印度尼西亚发现了许多啮齿类的新属和新种，特别是在高黎贡山、越南和老挝发现了一些大中型兽类的新种、新属，如新种贡山麂（*Muntiacus gongshanensis*）、黑麝（*Moschus fuscus*）和新属种剑角牛（*Pseudorx nghetinhensis*）、大麂（*Megamuntiacus vuquangensis*），可能还有新的麂类、灵猫类和啮齿类新属种将被记述。这一切被国际上认为是20世纪以来兽类分类学的重大发现。同时，不少西方学者对世界哺乳类的许多种、属以至科、目进行了大量的修订，如亚洲热带和亚热带地区分化极其复杂的大鼠属（*Rattus*）被分离成7个独立属。1992年出版的第二版*Mammal Species of the World*（Wilson，D. E. & Reeder，D. M. Eds.）对全世界哺乳类种数的记录已为4 629种，比1982年的第一版（Honacki et al. Eds.）的4 176种，增加了11.0%；近10年，又有10余个新种被发现和描记。国内学者自60年代以来亦发现和描记了一些新属、种，在许多边疆省区报道了哺乳类的属、种或亚种的新记录。至1999年为止，已描述和报道了2个新属，17个新种，80余个新亚种，有65个种和50多个亚种为国内新记录。《中国动物志·兽纲（第八卷）·食肉目》、《兽纲（第六卷）啮齿目·仓鼠科》和许多省区的兽类志、经济动物志、资源动物志和啮齿动物志的出版说明我国现代哺乳类分类研究取得

了重大进展。鸟类在解放后种数的变化也进一步说明这一问题：60年代以来，对我国鸟类做了大量的修订，发现和描记了12个新亚种。郑作新在《中国鸟类分布目录》(1955)中仅列出1 099种，1976年的修订版为1 166种，1987年的《中国鸟类区系纲要》为1 186种，1994年的《中国鸟类种和亚种大全》增至1 244种。最近5年又有所增加，已达1 255种。

海洋动物在中国海域已记录了2万余种生物，其中涉及的动物有24个门，种数最多的为节肢动物门、脊索动物门和软体动物门，每门动物的种数都超过2 500种。浮游甲壳类的种类和数量在海洋动物中占有优势，中国科学院海洋研究所对浮游甲壳类开展了很多研究，不仅掌握了中国的种类，发表了《中国海洋浮游桡足类》(1965)，同时对其区系和动物地理研究亦有深入了解（沈嘉瑞、郑重、刘瑞玉、陈清潮等）。浮游胶体动物是海洋动物中的一类特殊类群，它包括腔肠动物的几个目、栉水母动物以及尾索动物中的被囊类，我国学者对在中国海区的这些种类和区系也做过不少研究（高尚武、胡靖泼、陈清潮等）。翼足类和异足类是软体浮游动物，在中国近海共记录55种（张福绥），浮蚕有37种（新种2个）（沈寿彭）。海洋底栖动物类群繁多，其中许多类群是重要海产品或在环境生物学和污染物质迁移转化中起重要作用。海绵属于低等双胚层动物，现已鉴定中国海有106种（新种11个）（李锦和）；珊瑚类特别是造礁石珊瑚的物种在我国海域中非常丰富，约有400多种（邹仁林、周近明、李楚璞）；多毛类是海洋底栖动物的另一重要类群，是经济鱼类的饵料和环境污染的指示生物，早在1957年中苏联合考察时就开展过渤海多毛类的分类研究，而在南海至今已发表了870多种（新种53个）（吴宝玲、陈木、沈寿彭等）；软体动物是海洋底栖动物中最庞大的类群之一，是我国海产品的重要支柱，已报道种类近2 500多种，开展的养殖种类遍布南北海区，在中国海的分类区系是中国科学院在海洋生物分类区系研究的主要贡献之一（张玺、齐钟彦、李浩民、马同、张福绥、徐凤山等）；甲壳类是海洋底栖动物的又一优势类群，其中许多种类是重要渔业资源或养殖对象，现已鉴定小眼端足类138种（新种13个）（仁先秋、沈嘉瑞、张汉权），糠虾79种（新种13个）（王绍武、刘瑞玉、沈嘉瑞）；十足类（对虾等）的产量丰富而且经济价值高，现已鉴定出391种（新种13个）（刘瑞玉、王永良等）；短尾类方面早已出版了《中国海洋蟹类》，记录有728种（新种86个）（沈嘉瑞、戴爱云、陈惠莲等）；苔藓虫现已鉴定490种（新种88个）（刘锡兴）；棘皮动物是较大型的底栖海洋动物，其中有海参、海胆、海星，50年代出版了《广东的海胆类》，60年代出版了《中国经济动物志》和《中国动物图谱》的棘皮动物部分，80年代全面报道了西沙群岛的棘皮动物，我国现已鉴定460种（新种21个）。在亚太地区，这些研究一直居领先地位。其他海洋动物的综合性专著尚有《南沙群岛及其邻近海域综合调查研究报告》(1989)、《南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集》(1991)、《中国海洋生物种类与分布》(1994)、《南沙群岛及其邻近海域生物多样性研究》(1994)等。海洋脊椎动物包括鱼类、鸟类、爬行类和哺乳类。现发现海洋鱼类约1.2万种，中国海洋鱼类2 000余种（陈清潮）。早在50～60年代，已出版有《黄渤海鱼类调查报告》(1955)、《南海鱼类志》(1962)、《中国软骨鱼类志》(1960)、《东海鱼类志》(1963)，在1987年出版的《中国鱼类系统检索》一书中，共编入中国海、淡水鱼类2 831种，其中圆口纲4种，硬骨鱼类2 665种（新

种131 种)。90 年代以来，许多海洋鱼类著作相继出版，如《中国海洋鱼类原色图谱Ⅰ、Ⅱ》(1992)、《珊瑚礁鱼类》(1994)、《南沙群岛及热带观赏鱼》(1994)、《南海深海鱼类》(1996)、《南沙群岛至华南沿岸的鱼类Ⅰ》(1997)，大大丰富了我国海区海洋鱼类分类区系的研究,现今我国有海洋鱼类约2 000 余种（成庆泰、郑葆珊、张春霖、王存信、田明试、王可铃、徐恭昭、郑文莲、陈清潮等)。我国海洋爬行类种类不多，仅有海龟科和棱皮龟科5 种（赵尔宓)。对我国的海区鸟类，郑作新的《中国鸟类分布目录》有详尽的记载。对中国海区的哺乳动物也有许多研究（黄文几、王丕烈、陈鸿嘉、周开亚、陈万青)，出版了《台湾鲸类之研究》(1976)、《中国海兽图谱》(1997) 等专著，现今我国水生哺乳类计有67 种，除淡水生活的江豚和白鳍豚外，其余均为海洋哺乳动物。

上述工作不仅查清了我国许多地区的动物门类的资源家底，对过去的种类或类群进行了大量的修订，发现了许多新类群（新亚种、新种、新属甚至新科）和新记录，大大丰富了我国动物的物种多样性，而且对一些动物的系统分类提出了一些新的观点。如昆虫分类学家尹文英自1963 年以来，发表和建立了有关原尾虫的一些新科、新属和新种，通过对原尾虫精子和感觉器官亚显微结构的比较研究，将原尾目从昆虫纲下的一个目级地位提升为与昆虫纲相并列的原尾纲。她又在国家基金委重点项目的支持下开展了中国典型地带土壤动物的研究，不仅填补了我国土壤动物许多类群的空白，极大地丰富了这些类群的分类学资料，而且积累了它们的生态和生物习性知识，使我国土壤动物的研究由几乎空白迅速提高到国际先进水平。印象初以青藏高原的蝗虫为基础，对蝗虫的分类系统从亚科开始进行了新的编排，建立了蝗虫的一个新分类系统。伍献文等于1981 年建立了鲤形目鱼类的系统发育关系。周开亚等于1987 年从淡水鲸类骨骼的比较研究中提出白鳍豚应独立成一个新科。这些分类观点都引起了国内外同行的高度重视。

4. 动物分类学不仅要识别物种、应用动物分类的原理和方法定名，而且要阐明动物物种间的类缘关系和分类系统，进而从生物进化的观点来研究动物的起源、演化、分布及进化的可能过程与趋向，阐明动物系统发育的过程及其规律。所以动物分类学又称之为动物系统学。我国的动物分类学不仅在现生动物的区系考察、类群的分类鉴定、动物志的编著等方面有长足的进展，而且在某些动物功能形态的分化、动物的起源与演化、系统发育以及与地球环境变化的关系等方面也取得了举世瞩目的成就。如在古脊椎动物和古生物学领域：1984 年中国科学院南京古生物研究所侯先光在云南澄江帽天山北坡挖到了一块保存了软体而又奇特的寒武纪早期无脊椎动物——纳罗虫化石,以后的十多年来，相继在澄江帽天山先后出土了40 多个动物门类、100 余种动物的化石，其中不仅有大量的海绵动物、腔肠动物、腕足动物、软体动物、节肢动物和早期的脊索动物——云南虫，而且还有一些鲜为人知的珍稀动物及形形色色难以归入任何已知动物门类的疑难化石。这一发现不仅填补了寒武纪早期生物化石研究的空白，而且为人类研究地球古生代寒武纪早期生命大爆发及这个时期动物的功能形态、系统演化、生活习性、生态环境、埋藏条件和保存方式提供了重要的实物依据。这一发现告诉人们地球上由简单的三叶虫类演变成有40 多个门类的澄江动物群仅仅经历了300 万年的时间，在地球生物历史38 亿年的漫长历史长河中，这短短的300 万年内接二连三地冒出了那么多动物门类和新种，仿

佛是生命的大爆炸。这一发现，让世界为之震惊。澄江古生物动物群也因此与澳大利亚埃迪尔动物群、加拿大布尔吉斯动物群并列为地球早期生命起源和演化实例的三大奇迹，被认为是20世纪古生物学的重大发现。1999年11月我国学者与国外学者合作，在英国《自然》杂志上又刊载了在云南滇池海口地区发现了寒武纪早期原始鱼类化石“海口鱼”和“昆明鱼”的相关论文，这是世界上最古老的脊椎动物化石，它与澄江古生物动物群几乎处于同一时代（约4.5亿年前的早寒武纪）。澄江古生物动物群的发现揭示了寒武纪生命大爆炸的“初貌”，“海口鱼”和“昆明鱼”则更细致、深入地揭示了寒武纪生命大爆炸的“全貌”，为动物学中关于脊椎动物及其重要器官的起源提供了可靠的依据。90年代中期以来，古脊椎动物与古人类研究所的古鸟类学家侯连海与美国学者在辽宁西部发现了大批中生代晚侏罗世的鸟类化石——“孔子鸟”和早白垩世华夏鸟，其数量之多，远远超过世界其他地区全部中生代鸟类化石标本的总和。对这一早期鸟类动物群的研究，首先提出了晚侏罗世是鸟类第一次大分异辐射的晚期；在早期鸟类进化过程中，渐变与突变同时存在；支持鸟类飞行的树栖起源说；鸟类的祖先不是恐龙而是初龙类；首先提出鸟类从爬行动物分化出来后不久就分为两大支系，而“孔子鸟”代表鸟类飞行进化的主流；将现生鸟类的历史向前推进了至少6 000万年；首次建立了鸟类飞行进化的完整系列模式。由于取得了这一系列研究成果和极为丰富的化石资源，使我国逐渐成为世界鸟类起源、早期演化及现生鸟类起源的研究中心。在现生动物中，曹文宣和陈宜瑜等对青藏高原的特有鱼类——裂腹鱼类和高原鳅属（*Triplophysa*）鱼类的形状分化、起源和演化进行研究，发现以这些鱼类为主体组成的高原鱼类是随着青藏高原的隆起而出现，并随着高原的急剧抬升而特化，现有的裂腹鱼类存在着三个不同的特化等级，而且具有由高原边缘向高原腹地特化的分布格局，每一特化等级代表了青藏高原在隆起过程中的一个特定历史阶段，高原鱼类的形成与演化是对青藏高原隆升事件的直接反映。从高原鱼类区系来源和演化论证了青藏高原的隆起也经历了三个阶段；并且认为青藏高原的隆升和全球气候的变冷，在欧亚大陆共同促成了古北界、东洋界特有类群的分化，也促成了青藏高原区大范围特有类群的分化，进而提出了青藏高原区既不属于古北界，也不属于东洋界，在动物地理上应独立成与之并列的一个新界——青藏高原界。从鱼类区系来源的角度分析，还认为青藏高原界与东洋界有更近的亲缘关系。

5. 分类学自林奈奠定它的基础以来，其分类原理和方法不断得以发展和更新。昆虫学家陈世骧于60年代至70年代发表了一系列有关分类学若干理论和方法的论文，1977年出版《进化论与分类学》一书，提出物种变又不变与种间连续又间断的概念，认为变是物种发展的根据，不变是物种存在的根据；物种是真实存在的，是生物进化的单元，是生物系统线上的基本间断；系统发育是变又不变的进化过程，进化论是生物分类的理论基础，分类学是生物进化的历史总结。

我国学者自80年代以来也陆续开展了脊椎动物（鱼类、两栖类、爬行类、鸟类和哺乳类）和某些昆虫（如果蝇）的核型和带型细胞分类研究（施立明、陈宜峰、郭建民、刘瑞清、王宗仁、陈志平、张维道、吴鹤龄、卞小庄、李庆伟、李树深、吴贯夫、余先觉、周墩、昝瑞光、林发瑶等），出版了《中国鸟类染色体图谱》、《中国灵长类染色体》、《哺乳动物染色体》、《鹿的核型与染色体进化》等

专著。施立明等通过染色体核型的研究，甚至发现了高黎贡山的一种麂可能为新种（后经鉴定确系为新种贡山麂），并对麂属动物的系统进化从细胞学和分子生物学的角度进行了深入的研究，提出了独特的见解。90 年代后，一批年轻学者用分子生物学和细胞—分子生物学相结合的技术从蛋白质、核酸到 DNA 的基因序列对一些动物进行研究，如大熊猫、雪豹、麂、姬鼠、猕猴类、长臂猿、金丝猴、蜂猴、熊超科、鲢、鳙和草鱼及果蝇等，探讨它们的属种分化和系统演化，论证或解决了这些动物过去用宏观分类难于解决的一些难题（张亚平、宿宾、兰宏、王文、丁波、杨凤堂、陈永久、李思发等）。

我国动物分类学虽然取得了很大的成就，但任重而道远。动物在生物系统中的错综复杂性和动物分类学任务的浩大，在某种程度上可以由下面的数字显示出来：据估计，地球上有300 万～500 万种生物（有人估计可能达1 000 万～3 000 万甚至上亿种），但科学上所描述定名的却只有173.9 万种左右，其中动物约137 万种，占全部已知生物种类的78.78%。在千姿百态的生物世界中，动物是最多的一个类群。在动物中，无脊椎动物132.5 万种（昆虫约90 余万种），脊椎动物4 万余种。在我国，如果按我国动物种数占全球种总数的1/10 统计，估计我国的动物可能有30 万～50 万种，但已描述的仅约8 万种，尚不足估计种数的1/5～1/4。也就是说还有70%以上的种类尚未被研究，特别是对海洋无脊椎动物和昆虫，已研究的类群多是一些有经济价值的类群，一些门类还无人问津。在昆虫1 000 多个科中，我国学者仅涉及约200 个科。即使是被认为研究得比较深入的脊椎动物亦很不够，如哺乳类，迄今尚无一本可供参考的全国物种分类名录和检索表，至今中国究竟有多少种众说不一，《中国动物志·哺乳纲》共九卷，迄今只出了两卷。如此复杂的动物世界，每个类群都有每个类群的特征，都有一定的认识它们的方法，要认识这些物种和类群是非常艰巨的，所以动物分类学的任务还非常繁重。

参考文献

中国科学院生物科学与技术局：中国科学院生物多样性研讨会会议录，1990。

宋大祥，沈韫芬，钱燕文，王宗祎，胡锦矗：动物，见：《中国生物多样性国情研究报告》，北京：中国环境科学出版社，1998。

陈世骧：《 进化论与分类学》，北京：科学出版社，1978。

（王应祥）

脊椎动物比较解剖学

(Comparative Anatomy of Vertebrates)

脊椎动物比较解剖学是脊椎动物学的一个分支学科，通称比较解剖学。它是以脊椎动物宏观解剖学为基础，对其不同分类阶元或类群的组织、器官、系统之间的形态结构和生理功能加以比较的科学。通常还借助于古脊椎动物化石、脊椎动物胚胎学等相关科学领域的研究成果，结合系统发育和个体发育来阐明亲缘关系并进而揭示脊椎动物形态和功能的进化途径与规律，为生物进化学说提供论据。

比较解剖学是18 世纪90 年代由法国动物学家、古生物学家居维叶 (Cuvier) 所创立的。到19 世纪中叶，随着达尔文 (Darwin) 进化论学说的建立而得到蓬勃的发展。赫克尔 (Haeckel，1834～1919) 的“重演论”(Theory of recapitulation) 或“生物发生律”(Biogenetic law) 更促进了脊椎动物比较解剖学向着比较形态发生学或实验比较形态学领域纵深扩展。比较解剖学历经200 余年的

发展，已有大量的、不同版本的《脊椎动物比较解剖学》专著问世，以宏观解剖学为主的动物形态学已经达到相当系统、深入的境地，取得了显著的成果。对于各大类群的代表动物、在脊椎动物分类和进化上具有重要意义的物种、实验动物以及家禽、家畜等，均有详尽的系统解剖学和比较解剖学专著问世。宏观形态学发展的“登峰造极”，使后来者举步维艰，加以缺乏在理论上和研究方法上的重大突破以及分子生物学等新兴学科的迅猛发展，给传统的动物解剖学和比较解剖学以猛烈冲击。以至到20世纪50年代以后，科学研究队伍以及在高等院校的教学队伍均大为缩小，曾被一些人称为“过时的学科”。然而进入80年代，进化形态学和功能解剖学以及应用形态学形成主流并得到发展。比较解剖学顺应此形势，将有关方向纳入本学科的研究领域，也获得相应的发展。总之，将宏观研究与微观研究结合起来，把形态和功能的研究综合到进化生物学的主题上，为比较解剖学开拓了新领域。

脊椎动物解剖学和比较解剖学是在20世纪20年代随着一批欧美及日本的留学生归国，在我国高等院校兴办生物学系以及成立中国科学社动物研究所等研究机构而引入我国的。秉志“江豚骨学的初步观察”(1925)应是这一领域的开端。而从比较解剖学领域开展研究的，则以朱元鼎“中国鲤科鱼类之鳞片、咽骨及牙齿之比较研究”(1935)和彭鸿绶的“盘羊头骨的解剖”(1937)为代表。前者就鳞片、咽骨及牙齿的形态特征论述了淡水鱼类的主要类群鲤科鱼类的亲缘关系和系统分类位置；后者对比了盘羊和绵羊的骨骼系统，指出盘羊是比绵羊更为进步的一支。然而与生物学的其他领域（例如实验生物学）相比，从事比较解剖学教学与科学研究的人数均十分稀少。加以战争、动乱，民不聊生，发展甚为缓慢，从事本学科的研究人员犹如凤毛麟角。

新中国成立以后，使这一学科得到一定程度的发展，首先反映在高校生物学系和医学院系的教学计划方面，有相当的院校开设了“脊椎动物比较解剖学”。50年代初，薛德育以及夏康农、郝天和等先后出版了教材，使我国结束了没有中文教科书的历史。但是，这些教材或偏于简略或内容过于陈旧，大体上是以20年代国外教材编译而成。直至改革开放，在“科教兴国”的大好形势下，才相继又有马克勤、郑光美、张孟闻、杨安峰、程红编写的教材问世。这些教材在取材和内容上，基本上能反映现代这一学科领域的发展，是一个良好的开端。然而在新形势下，比较解剖学仍然受着生物科学中迅速发展着的新兴学科的冲击，面临后继乏人的严峻形势。

建国以来我国在脊椎动物解剖学方面所发表的论文近200篇、专著20余种，涉及实验动物、家禽、家畜以及特产濒危动物（例如大熊猫、金丝猴、扬子鳄）的系统解剖等众多方面。然而以比较解剖学为主旨的研究工作并不很多。例如朱元鼎等对我国软骨鱼类侧线系统及罗伦管系统的比较研究，张有为和宋佳坤对鳚亚目和鲻科鱼类侧线形态的研究，郑文莲对鲹科鱼类耳石的比较研究，田婉淑等对我国两栖类舌骨肌的比较研究，中科院昆明动物研究所叶智彰、彭燕章等对川金丝猴与滇金丝猴的一系列比较解剖学研究，周开亚等对白鳍豚的系统研究，卢于道、张鹤宇和林大诚等对大熊猫的器官系统比较研究，郑光美等对三种马鸡后肢肌的比较解剖等，都是结合形态学特征的分析并对系统分类学提出见解的工作。

在进化形态学和比较功能解剖学这一国际上比较活跃的领域，国内尚少开展研究。朱靖关于鼯鼠前肢对滑翔运动的适应以及陈宜

瑜关于鳡鱼颅骨结构对掠食生态的适应等，是这一领域的代表性工作。而真正从比较解剖学成果去探讨生物进化和功能适应的研究在我国尚未开始。

我国是世界上动物种类最多的国家之一，特产种和经济动物都极为丰富，为比较解剖学的发展提供了得天独厚的条件。如何从实际出发，合理布局，对这一学科加以积极的保护和扶植，是面向21世纪的一项重任。

参考文献

马克勤，郑光美主编：《脊椎动物比较解剖学》，北京：高等教育出版社，1985。

张孟闻：《脊椎动物比较解剖学》，北京：高等教育出版社，1986。

杨安峰，程红：《脊椎动物比较解剖学》，北京：北京大学出版社，1999。

国家自然科学基金委员会：《动物科学》，北京：科学出版社，1997。

郑光美，杨安峰：动物形态学发展趋势及我国近期发展战略，《动物学杂志》，27(4)：53～56，1992。

（郑光美）

无脊椎动物学

(Invertebrate Zoology)

无脊椎动物学是动物学中以研究类群划分的学科。本门学科与脊椎动物学相并列，其研究对象包括从原生动物到脊索动物门的头索动物亚门。而脊椎动物学的研究对象仅包括脊索动物门中脊椎动物亚门中的脊椎动物。

原生动物早先作为一个门，即原生动物门，而现在已作为原生生物界中的一个亚界——原生动物亚界，严格说来，已不能与动物界中各门类混而为一，因此介绍动物门类，应以多孔动物门作为第一个门。但在习惯上把原生动物与动物界的各个门类放在一起讨论仍是很自然的事。近年国际上出版的无脊椎动物学专著仍把原生动物包括在内，但不再作为传统上的一个门，而是分为几个门。

无脊椎动物包括除脊索动物门中的脊椎动物亚门以外的全部后生动物（Metazoa）。根据新的分类系统，包括以下34门。多孔动物门（Porifera，或称海绵动物门Spongia，全球约10 000种，中国约115种）、扁盘动物门（Placozoa，全球1种）、刺胞动物门（Cnidaria，旧称腔肠动物门Coelenterata，全球约10 000种，中国约1 000种）、栉水母动物门（Ctenophora，全球约100种，中国约9种）、扁形动物门（Platyhelminthes，全球约25 000种，中国约1 800种）、中生动物门（Mesozoa，全球约50种，中国1种）、纽形动物门（Nemertea，全球约900种，中国约60种）、颚咽动物门（Gnathostomula，全球约100种）、腹毛动物门（Gastrotricha，全球约400种）、线虫动物门（Nematoda，全球约15 000种，中国约650种）、线形动物门（Nematomorpha，全球约250种，中国未统计）、动吻动物门（Kinorhyncha，全球约100种，中国约10种）、铠甲动物门（Loricifera，全球1种）、曳鳃动物门（Priapulida，全球约16种，中国2种）、轮形动物门（Rotifera，全球约2 000种，中国约800种）、棘头动物门（Acanthocephala，全球约1 000种，中国约40种）、星虫动物门（Sipuncula，全球约250种，中国43种）、缢虫动物门（Echiura，全球约150种，中国11种）、须腕动物门（Pogonophora，全球约100种，中国1种）、环节动物门（Annelida，全球约12 000种，中国约1 470种）、软体动物门（Mollusca，全球约98 800种，中国约3 500种）、帚形动物门（Phorona，全球约10种，中国约4种）、腕足动物门（Branchiopoda，全球约280种，中国约8种）、苔藓动物门（Bryozoa，全球约

4 000种，中国约490种)、内肛动物门(Entoprocta，全球约60种，中国约9种)、环口动物门(Cycliophora，全球1种)、缓步动物门(Tardigrada，全球约600种，中国约42种)、五口动物门(Pentastoma，全球约100种，中国约3种)、有爪动物门(Onychophora，全球约70种，中国未统计)、节肢动物门(Arthropoda，分为三个亚门：螯肢动物亚门Chelicerata，全球约63 000种，中国约7 000种；单肢动物亚门Uniramia，全球约933 660种，中国约52 000种；甲壳动物亚门Crustacea，全球约40 000种，中国约3 800种)、毛颚动物门(Chaetognatha，全球约70种，中国约37种)、半索动物门(Hemichordata，全球约100种，中国约6种)、棘皮动物门(Echinodermata，全球约6 250种，中国约506种)、脊索动物门(Chordata，包括三个亚门：尾索动物亚门Urochordata，全球约1 400种，中国约125种；头索动物亚门Cephalochordata，全球约25种，中国3种；脊椎动物亚门Vertebrata不属于无脊椎动物范畴，全球约45 417种，中国约6 347种)。

无脊椎动物在生物的物种多样性中占第一位。据统计，无脊椎动物已描述的种类约132.5万种，占已知全部动物种类数(137万种)的96.71%，占全部生物已描述种类数(173.9万种)的76.19%。无脊椎动物学的重要性不仅在于其巨大的物种多样性，更体现在其形态、结构、行为、适应性、生活史及生物学各方面的多样性。动物学中许多重要的问题的研究都包括在本门学科内，诸如：多细胞动物(后生动物Metazoa)的起源、两侧对称的起源、胚层和体腔的起源和演变、动物从低等向高等的演化，以及各大门类的系统发生以及脊索动物的起源等等。无脊椎动物遍布世界各地，是各种生态系统的重要组成部分，与人类的生存环境、身体健康和食物来源有千丝万缕的直接或间接的关系。这也是无脊椎动物学重要性的另一个方面。

我国在20世纪初才开始现代无脊椎动物学的研究。除在大学开设生物学系培养人才外，于20年代开始建立动物学的研究机构，如1922年在南京的中国科学社生物研究所，1928年在北京的静生生物调查所。1934年中国动物学会的成立标志着我国现代动物学已经有了初步的研究基础和一批分支学科的先驱者。中国动物学会和中国昆虫学会现已发展为有影响的学术团体，加上地方学会，会员各达万人。动物学会下属13个二级学会(专业委员会)，其中有5个为无脊椎动物学科：原生动物学，寄生虫学，甲壳动物学，蛛形学和贝类学。

我国近代动物学的开拓者和主要奠基人秉志最早发表有关昆虫和浙江沿海、长江中下游无脊椎动物的区系调查报告。此后作为他的学生或后继者，涌现了一大批我国无脊椎动物学中有关分支学科的奠基人，如研究原生动物和轮虫的专家王家楫，原生动物学家倪达书、张作人和陈阅增，寄生虫学家唐仲璋，环节动物学家陈义，甲壳动物学家沈嘉瑞，贝类学家张玺等。此外鱼类学家伍献文也曾在早年发表过有关蠕虫、蟹和蛛形类(蝎、鞭蝎)的论文。节肢动物中的昆虫是物种最丰富的一个类群，由于在医学和农业中与人类关系密切，是无脊椎动物研究中备受重视的一个类群。著名的昆虫学家有刘崇乐、蔡邦华、陈世骧、陆宝麟、钦俊德、蒲蛰龙、周尧、朱弘复、杨集昆、张广学等。早期的无脊椎动物学研究工作多限于分类和区系调查工作，但在一些重要的类群，如原生动物、寄生蠕虫、甲壳类、昆虫等方面也不乏形态学、生态学、生物学、生理学和流行病学等方面有价值的研究成果。

新中国成立后的这半个世纪内，我国无脊椎动物学的研究有了迅速的进展。主要表现在：1. 大规模的资源普查得以开展，研究人员的足迹遍及最北端的黑龙江到最南端的海南，海洋动物资源调查覆盖包括南沙群岛在内的各大海区，取得大量的第一手宝贵资料和数百万号标本。2. 填补了无脊椎动物研究中的许多空白的门类，如轮虫、蛭类、缓步动物、多毛类、桡虫类、多足类等。3. 结合医学研究病原体、传染媒介、寄生虫的生物学和流行病学，为重大寄生虫病（如血吸虫病、丝虫病、钩虫病、疟疾、黑热病）的防治做出贡献。4. 通过对农林业害虫（如蝗虫、螟虫、粘虫、蚜虫、松毛虫）的预测预报和防治的研究，以及对害虫天敌的培育和利用的研究，大大减少了虫害的发生，减轻了危害的程度。5. 在渔业和畜牧业增产方面有对致病无脊椎动物的防治，以及虾、蟹、贝类的增产研究。研究内容涉及这些经济无脊椎动物的食性和受精生物学等，有的还包括生殖、洄游等。6. 工业用、传粉用、药用、观赏用无脊椎动物（包括昆虫）的生物学和培育。7. 利用微型动物进行污染监测和废水的生物处理。8. 动物分泌物，如蝎毒、蜘蛛毒的分析和毒素测定，多种昆虫的性外激素的测定和合成以及在害虫防治中的应用。9. 应用新技术，如电镜、同工酶、染色体、分子生物学技术研究无脊椎动物的超微结构的系统发生。10. 利用原生动物为材料，在研究核质关系和有性生殖过程诱发机制方面取得成果，为细胞学和遗传学中有关问题的探讨做出贡献。

摸清我国动物的家底是动物学研究的基础。近40年来，动物学工作者参加了多次国家自然资源和自然条件的综合考察。通过考察而出版的报告，如《西藏综合考察论文集·水生生物及昆虫》（1964）、《西藏昆虫》（第一册，1981年；第二册，1982），《西藏水生无脊椎动物》（1983）、《西藏高原原生动物》（1983）、《横断山昆虫》（1992）、《龙栖山动物》（1993）、《南沙郡岛及其邻近海洋生物多样性研究》（1994）、《西南武陵山地区动物资源和评价》（1994）、《青海可可西里地区生物与人体高山生理》（1996）、《喀喇昆仑山—昆仑山地区昆虫》（1996）、《西南武陵山地区无脊椎动物》（1997）、《长江三峡库区昆虫》（上、下，1997）等。

中国科学院在“七五”期间的“中国生物资源调查与评价”重大项目，首次在考察中几乎包括了各类无脊椎动物，如原生动物（自由生活和寄生）、轮虫、吸虫、线虫、绦虫、棘头虫、环节动物（寡毛类、蛭类）、甲壳动物（枝角类、桡足类、米虾、沼虾、淡水蟹类）、蜘蛛、多足类、贝类和昆虫（包括水生昆虫）。还有水化学家和藻类学家的配合，对水质的渔业潜力进行了评估。其中有些门类如水栖寡毛类是多年来首次进行深入的报道。在全面了解的基础上，提出了资源评价和保护的建议，供当地制定发展经济规划时参考。对于西南地区区系的成因，以及某些物种的脆弱性和今后演变的趋势和应采取的对策等，也做出了较全面的分析。

原生动物的分类研究已取得重大进展的类群有粘孢子虫、泡沫虫、孢子虫、肉足虫、有孔虫、稀孔虫、缘毛虫等，已经或即将完成动物志的编写。在应用形态学的研究方面有相当的成就，如对草履虫、游仆虫、四膜虫、变形虫和疟疾虫等的研究，均深入到超微结构并有重要发现。原生动物在污水排放前的净化和水体受污染状况的监测方面起重要的作用。除了细菌、真菌和藻类外，原生动物和小型的后生动物（轮虫、桡虫类的幼体、线虫等）都参与了天然水体这一生态系统的物质循环和能量流动。通过在水体中挂

泡沫塑料块（PFU）上生长的原生动物等微型动物的群落，可以指示水质的状况。沈韫芬多年来对PFU法不断改进和创新，使之成为一种有效的水环境质量评价体系。这一评价体系在1991年被我国国家环保局所采用，成为我国第一个自行制定的生物监测国家标准。

寄生虫研究方面有唐仲璋、陈心陶、江静波、钟惠澜和孔繁瑶等做出贡献。对于与卫生保健有密切关系的寄生蠕虫的研究，在许多方面处于国际领先地位。研究领域涉及形态、发育、生活史、中间宿主及流行病学，结合生活史等因素来制定防治对策。如唐仲璋自1934年开始发表寄生虫研究论文，1945年创建我国第一个寄生动物研究室，数十年来研究了危害国人身体健康的各类重要的人体或人畜共患的寄生蠕虫病的病原生物学和流行病学问题，如血吸虫病、钩虫病、肺吸虫病、肝吸虫病、旋毛虫病、丝虫病、绦虫病等。他的研究成果为预防各类寄生虫病的感染提供了宝贵的科学依据，许多论文成为寄生虫学的经典著作。他的继承者和合作者唐崇惕阐明了日本血吸虫在终宿主体内异位寄生的原因和机理。我国现已出版单殖吸虫和复殖吸虫动物志各1卷。

环节动物的研究学家陈义于1931年首次发表论文以来，先后完成《中国蚯蚓》(1956）和《中国动物图谱·环节动物》(1959)。在60年代我国学者首次阐明了农田主要吸血水蛭（日本医蛭）的生殖全过程，鉴定了我国主要的陆地吸血蚂蟥的种类（山蛭），并提出了驱避和防除吸血蚂蟥的方法。《蚂蟥》（1978）一书中有关资料被国际同行引用。《中国动物志》的《蛭纲》一卷已出版，《寡毛类》的编著已完成，水栖寡毛类的研究进展迅速，该卷的编写在近年内可以完成。多毛类方面，已完成一卷动物志的编写。

在甲壳动物的分类研究方面，已出版淡水桡足类和枝角类志，前者被日本同行全文译成日文。海洋桡足类和寄生桡足类的研究也取得迅速进展。已出版或近年可完成编写的动物志有溪蟹科、肢孔亚派、尖鄂蟹派、梭子蟹科、方蟹科、沙蟹科、匙指虾科、鼓虾总科、糠虾目、歪尾类、蔓足类、端足类、口足类、介形纲壮肢目和海洋哲水蚤等。对河蟹（中华绒鳌蟹）的生殖洄游和人工繁殖，对卤虫、河虾以及引进的罗氏沼虾等的培育方面进行了大量研究。首次搞清了对虾生活史，提出评估幼虾补充、成活和预报产量方法及合理放流建议，这些工作均居国际前列。

我国的蛛形类最早由前吉林医科大学王凤振开始研究。到80年代后期，由于农林害虫生物防治得到进一步重视，作为害虫重要捕食性天敌的蜘蛛的保护利用被提到日程上，推动了蜘蛛学研究的迅速发展。不但在蜘蛛的系统学和精子发生等方面取得显著成绩，而且在保护利用方面产生良好的经济效益和社会效益。我国蛛形学的迅速崛起，使日本前“东亚蜘蛛学会”将使用50年之久的学会名称自1985年起改名为“日本蜘蛛学会”。到1999年，我国已出版的动物志有蟹蛛科、圆蛛科和球蛛科，即将完成编写的有平腹蛛科和肖蛸蛛科，并有多种专著和地方志等。蜱螨一般附在昆虫学的范畴内，在此从略。

在昆虫方面，除大量的分类研究外，对飞蝗以及对我国稻、麦、棉、玉米四大作物的10多种重大害虫的发生规律、预测预报和防治措施进行了系统研究，建立了种群动态模型。对昆虫的生殖、内分泌、生长和发育、营养以及感受器等进行了比较深入的研究，并取得丰硕成果，有不少具有应用价值。尹文英自1963年发表我国第一篇有关原尾虫的论文起，不但建立了多个新的科、属、种，

提出了新的分类系统，而且通过对原尾虫精子和感觉器官的亚显微比较研究，在1995 年将原尾目从昆虫纲无翅亚纲一个目的地位提到与昆虫纲并列的原尾纲，引起了国内外同行的重视。

软体动物是动物资源的一个重要组成部分，也是某些疾病传播的中间宿主或农业害虫。已出版或即将出版的动物志有双壳纲 4 卷（宝贝总科、贻贝目、蛏总科、廉蛤科）、腹足纲5 卷（头楯目、裸鳃目、巴蜗牛科、冠螺科、烟管螺科）、头足纲1 卷。在青蛤、泥蚶、贻贝、缢蛏、扇贝和太平洋牡蛎等贝类养殖，以及在大珠母贝培植珍珠方面均取得显著成绩。张福绥在发展海产贝类养殖方面做出了重大贡献。

土壤动物在优化土壤、促进自然界物质循环和增加作物产量、监测环境污染和大气变化等方面发挥了重要的作用。对土壤动物的研究是农、林、植保有关研究的基础。土壤是陆生动物的载体，是陆生动物演化发展的出发点，是研究无脊椎动物最不容忽视的生境。但土壤动物长期以来又始终是研究领域中的一个薄弱的环节。尹文英的研究取得了丰硕成果，极大地丰富了一些类群的资料，而且积累了土壤动物的生态和生物学的知识，使我国土壤动物的研究由几乎空白迅速提高到国际先进水平。

在其他海洋无脊椎动物的分类研究方面，除上述的海洋原生动物和甲壳动物外，还有多孔动物、腔肠动物（海葵、石珊瑚）、多毛类、苔藓动物、毛颚动物、棘皮动物（海参纲、蛇尾纲）。海蜇的研究中，在世界上首次查清了其生活史并开展了个体发育和亚显微结构研究。刘瑞玉系统阐述了中国各海底栖生物组成、分布、群落和生态特点，首次发现黄海冷水性生物群落，提出区系、群落区划方案，系统总结全国和山东省海岸带环境与资源特点，提出合理开发方案，推动了水产养殖的发展。预测三峡工程对长江的生态资源的影响，为工程论证提供了依据。文昌鱼已具有类似高等脊椎动物的原始生殖内分泌调控系统为文昌鱼是无脊椎动物向脊椎动物演化的过渡类群提供了生理学证据。

教学参考书、图谱、图鉴、动物志和专著的出版可反映国家的教育和科研水平。我国自己编著的《无脊椎动物学》，已有陈义、江静波、堵南山等的数种版本。有关某一类群无脊椎动物的图谱或图鉴已出版多册。经济志方面：经济动物志有6 册，内容包括寄生蠕虫、软体动物（海产、淡水和陆地各一册）、寄生甲壳动物、多毛类与棘皮动物和原索动物合一册；经济昆虫志有55 册。今后不再出版经济志，而以全力出版动物志。动物志截止到20 世纪末已出版昆虫的18 卷，共记述6 421 种；其他无脊椎动物的19 卷，共3 776 种。在世纪之交的2000～2002 年（《中国动物志》“九五”立项），预计完成昆虫志28 卷，其他无脊椎动物23 卷。这将使重要的空门类有所减少。

近数十年来出版的专著部分，重要者如：《原生动物学》（1999）、《原生动物学专论》（1999）、《废水生物处理微型动物图志》（1976，1981 重印）、《微型生物监测新技术》（1990）、《中国淡水轮虫志》（1961）、《海洋浮游生物》（1984）、《寄生虫病学》（1964）、《医学寄生虫学》（1990）、《家畜寄生虫学》（1981）、《人畜线虫学》（1987）、《湖北省鱼病病原区系图志》（1973）、《鱼类寄生虫和寄生虫病》（1999）、《医学寄生虫体外培养》（1995）、《甲壳动物学》（上，1987；下，1998）、《中国北部经济虾类》（1995）、《中国海洋浮游桡足类》（上，1965；中，1982）、*Crabs of the China Sea*（《中国海洋蟹类》，1991）、《中国蝶类志》（上、下，1994）、*The Spiders*

of China（《中国蜘蛛》，1999）、《中国棉田蜘蛛》（1993）、《贝类学纲要》（1995）、《医学贝类学》（1993）、《中国亚热带土壤动物》（1992）、《中国土壤动物检索图鉴》（1998）和《中国土壤动物》（2000）等。

无脊椎动物的许多门类目前不但在我国尚属空白，在全球也仍缺少研究。动物学家通过对一些地区或生境（如树冠、深海）的深入调查，认为全球生物估计数是现有已知种类数的十倍乃至数十倍之多。因此对无脊椎动物的编目仍有大量的工作要做，而且应该认识到无脊椎动物资源的调查和种质的保护，其意义不亚于对脊椎动物的物种保护。因为无脊椎动物有数十亿年的演变历史，而且包括数十个不同的门类，在学术和经济基础上的潜在价值超过目前我们所能预料。

无脊椎动物行为的研究将是今后引人入胜的一个课题。例如，现已发现蜘蛛捕食策略的演变在进化中有重要意义。蛛形类捕食中的学习行为及领域行为类似某些高等脊椎动物。解开行为（如生殖洄游）中的一些谜团，将有助于人类认识自然，并利用这些知识服务于人类。无脊椎动物中千奇百怪的结构，如见于各种动物的精荚的弹射装置，蜘蛛触肢器在传送精子时血囊的膨胀以及插入器和引导器的复杂结构的运作，都将为仿生学提供有价值的参考。

无脊椎动物的各种产物中目前得到应用或仿制的还仅是一小部分。如动物的各种毒素在医学上和转基因抗虫植物的培育上的应用，固着生物的粘着剂在工业或医学上的应用，利用基因工程生产蜘蛛丝在工业上的应用，性引诱剂的合成和应用等均将会有更广阔的前景。

经济无脊椎动物的捕捞和养殖中的个体小型化和早熟化的问题日益严重，研究如何结合改良环境和禁止滥捕，解决这一问题将更加受到重视，以保证满足日益增长的对食物品种和质量的需求。

彻底防治各种无脊椎动物的病原体或传病媒介所引起的疾病，保障人们的健康。利用无脊椎动物改良和监测环境，使人类回归自然，居住的地球更加洁净。

无脊椎动物各门类间的亲缘关系尚未完全阐明。如节肢动物是否为单系类群。有人把节肢动物门视为一个单系类群；而有的学者认为节肢动物门不是单系的，因而主张把原有的三个亚门提升为二或三个门。又如原口动物和后口动物是否为无脊椎动物演化中的两大分支。通过传统的系统分类、分支分类或应用亚显微结构为特征，或以分子生物学手段研究门类之间的亲缘关系，得出的结论可能有分歧。这方面的争论和深入研究还将继续。最新的微轮动物门是在1995年发现的，在今后还可能发现新的门类。对高级阶元之间的系统关系将会提出新的观点，进化论方面随着新技术的出现亦会有新的突破。

参考文献

国家自然科学基金委员会：《自然科学学科发展战略调研报告·动物科学》，北京：科学出版社，1997。

宋大祥，沈韫芬：无脊椎动物，见：《中国生物多样性国情研究报告》，北京：中国环境科学出版社，1998。

堵南山等：《无脊椎动物学》，上海：华东师范大学出版社，1989。

Pechenik，J. A.：*Biology of the Invertebrates*，Fourth edition，McGraw-Hill，NY，1999。

（宋大祥）

原生动物学

（Protozoology）

原生动物（Protozoa）是最原始、最简单、最低等的单细胞动物，也是原始的真核

生物。然而从生理上看，单细胞的原生动物是很复杂的，它具有维持生命和延续后代所必需的一切功能：如运动、营养、呼吸、排泄、生殖等，这些功能是由细胞内特化的各种胞器来承担。因此，它是一个复杂的、高度集中的生命单位，是一个完整的有机体。原生动物分布甚广，只要有一点点水分，就会有原生动物生活在其中，即使在空气中也有它的孢囊。它不仅分布在海水、淡水、咸淡水、盐水、土壤、冰雪中，而且还可以寄生在各种生物体内。大多数原生动物个体大小多在10～200 μm，只有借助显微镜、甚至电镜才能观察清楚。人类历史上第一位观察到原生动物的是荷兰科学家列文·虎克，他于1677年用自制的、大约放大270倍的显微镜观察到池塘中自由生活的和寄生在蛙肠中的原生动物。国际原生动物学界将列文·虎克尊称为原生动物学之父。18～19世纪主要是研究海洋和淡水原生动物分类，并涉及畜牧业和人体寄生原虫，主要是孢子虫(Sporozoa)分类。20世纪已发展到研究原生动物的细胞生物学、进化和系统学、遗传学、生态学、海洋微体古生物学和寄生原生动物学。目前在上述领域中已全面地应用了最新生物技术，进入了分子生物学时代，以迎接21新世纪。

中国由于漫长的封建时代和世界列强对中国的侵略，扼杀了我国自然科学的发展。20世纪初，我国开始向西方国家派遣留学生，其中就有研究原生动物的。20年代初我国才有研究原生动物的专业人员。中华人民共和国成立后，原生动物学有了蓬勃的发展。短短80年，我国原生动物学的研究从萌芽期步入发展期，在国际原生动物学界占有一定地位。

萌芽期（20～40年代）　我国发表第一篇原生动物论文的是王家楫(1898～1976)于1925年发表的“南京原生动物之研究”，首次报道了我国淡水原生动物152种，含肉足虫、自养和异养鞭毛虫及纤毛虫。在30～40年代，他和倪达书(1907～1992)陆续发表除淡水外的寄生原生动物和山东半岛、厦门海湾、海南岛、北海等地的海洋自由生活的原生动物，尤其是与海洋赤潮有关的腰鞭毛虫(Dinoflagellata，藻类学家称之为甲藻)。

发展期（50年代至20世纪末）　中华人民共和国成立后，根据国民经济建设的需要，我国的原生动物学得到了很大的发展。为寻找石油和矿产资源，原生动物中的化石类群，如有孔虫和放射虫，对确定地质年代十分重要，汪品先、郝诒纯开展了化石原生动物的分类研究；郑执中、郑守仪、谭智源等对中国近海有孔虫、放射虫的分类、区系和生态进行研究。随着水产养殖业的发展，倪达书首创中国鱼病学研究，其中包括鱼病原生动物病原体研究。为摸清我国的生物资源，《中国动物志》已出版了《粘体动物门·粘孢子纲》(陈启鎏、马成伦)和《等幅骨虫目、泡沫虫目》(谭智源)两卷，《胶结有孔虫》(郑守仪)和《缘毛目》(沈韫芬、顾曼如)也即将出版和完成编写。张作人(1900～1991)及其学生史新柏、庞延斌等在显微镜下用人工切割技术，对棘尾虫进行了不触动细胞核而只干扰细胞质的手术，结果创造出镜像对称的和背联体的棘尾虫，而且均能遗传，由此证明了在生活史的一定时期的细胞质也有遗传作用，究竟细胞质中什么样的遗传物质在起调控作用，目前正在深入研究。陈阅增(1915～1996)、曹同庚等用电镜观察到上海四膜虫S1在有性生殖时期，小核在两个接合子中互相交换时五对染色体顺序相接的结构及CMP的变化；此外还研究了细胞骨架、核骨架与原生动物进化的关系。我国水污染问题十分严重，全国1 200条河流有850条已被污染，65%的人口喝的水是不安全的。原生

动物作为水质污染程度的指示生物有其独特的意义。沈韫芬领导的研究组经十余年的研究、验证和推广，创建了“水质—微型生物群落监测—PFU 法”，于1991 年由国家环保局通过成为我国第一个自行制定的生物监测法国家标准（GB/T12990—91）。

寄生原生动物对人与家畜的危害极大。世界卫生组织（WHO）提出六种人类重要的热带病中，由原生动物引起的就占了三种，即疟疾、锥虫病（俗称睡眠病）和利什曼病（俗称黑热病），它们分别由间日疟原虫（*Plasmodium vivax*）、恶性疟原虫（*P. falciparum*）、三日疟原虫（*P. malariae*）、冈比亚锥虫（*Trypanosoma gambiense*）和杜氏利什曼虫（*Leishmania donovani*）引起的。全球每年有3.5 亿人患疟疾，我国也深受其害，在古代已有“瘴气”之称，是致人死亡的第四位杀手。我国是人兽共患寄生虫病的重灾区，共有93 种，其中危害较大的有20～30 种，不仅危及人体健康，还直接造成畜牧业生产的巨大损失。人体寄生的原虫病还有贾第氏病、弓形虫病、梨浆虫病、肺孢子虫病、隐孢子虫病、肉孢子虫病等。我国近年来黑热病疫情严重回升，犬（传染源）的自然感染率1991 年比1977 年增加了7 倍。弓形虫病在我国也有5%～10%的感染率，直接影响优生优育，而且还是艾滋病的激活因素，还能引起弓形虫脑炎。随着环境的恶化，有新的原生动物疾病产生。如淡水中常见的自由生活的棘变形虫、福氏纳氏虫，当人们在污染水体中游泳时，它能由鼻孔侵入人体神经组织引起阿米巴脑炎而死亡，在我国已有病例报告。

针对上述疫情，我国各医科大学、农业大学、中国人民解放军第一、二、三、四军医大学、中国人民解放军农牧大学、中国农业科学院在各省的兽医和寄生虫研究所或室、卫生部下属各寄生虫学研究所、中国预防医学科学院寄生虫学研究所、北京热带医学研究所等机构均相应成立寄生原生动物实验室，培育了一批寄生原生动物学家，如朱师晦、江静波、李英杰、徐秉锟、冯正、胡孝素、王捷、杨惠珍、易有云、连惟能、许炽标、卢思奇、左仰贤、任家驹等。广州中医药大学热带病研究所李国桥等自行研制的青蒿素及其衍生物对治疗疟疾具有高效、低毒的特点。

1981 年5 月25～31 日于武昌成立中国动物学学会原生动物学分会，并举行了我国原生动物学史上的第一次学术讨论会。以后每两年召开一次学术讨论会，每四年召开一次代表大会。至20 世纪末已举行十次学术讨论会，均有论文摘要汇编，目前已有会员三百余人。原生动物学的国际组织全称为国际原生动物学委员会（International Commission of Protozoology），于1960 年成立于波兰，并主持召开了第一届国际原生动物学大会（International Conference on Protozoology，ICOP）。以后每隔四年召开一次国际会议。我国于1985 年以中国原生动物学学会团体会员的身份加入该国际组织，陈阅增、沈韫芬、庞延斌为国际委员会委员。中国原生动物学学会组织代表团先后参加第7 届（肯尼亚）、8 届（日本）、9 届（德国）、10 届（澳大利亚）国际会议。国际性的原生动物学家协会（the Society of Protozoologists）先后颁布张作人、倪达书、庞延斌、沈韫芬获荣誉会员称号。

21 世纪展望　面对新世纪，原生动物学将有一系列创新领域等待开拓。

原生动物是解决真核生物起源的关键。Corliss 于1994 年提出的原生生物（含原生动物、藻类、低等真菌）分类系统中共有六个界，将原生动物界中的一部分划出一个原始动物界（Archezoa）来。原始动物是没有线粒

体、过氧化质体、叶绿体和高尔基体，有像原核生物——细菌那样的70S 核糖体，有一个十分原始的细胞核。因此认为先从原核生物进化为原始动物，再进化为原生动物。

寻找威胁人类疾病的寄生原生动物是治疗和预防的最佳途径。100 多年前就发现了恶性疟原虫（*P. falciparum*），但至今还未找出有效的药物和疫苗。全球每年死亡人数达一百万，大多数是儿童。我国有 15 个省（自治区）近3 亿人口的546 个县仍受疟疾威胁。WHO 推崇的复合疫苗工程，我国正在启动中。在免疫诊断方面，重点将研制成本低廉、操作简便、结果判定直观的诊断试剂盒，以适应我国经济较不发达的广大疟疾流行区的实际情况。

艾滋病（AIDS）在我国已广泛流传，它的病原体为人类免疫缺陷病毒（HIV）。已知机会性感染的原虫，如卡氏肺孢子虫、刚地弓形虫、隐孢子虫、蓝氏贾第氏虫感染了人体后表现为隐性感染，既无临床表现，又不易用常规方法检出。但艾滋病患者因免疫功能受损，这些机会性致病原虫迅速繁殖，引起严重的症状，如呼吸困难、坏死性脑炎、腹泻等，并在短期内（2～3 周）造成艾滋病人死亡。对已感染机会性致病原虫的隐性患者目前尚无可靠、简便、易行的诊断方法，急需在新世纪内予以解决。

参考文献

中国原生动物学会编著，沈韫芬主编，汪建国副主编：《原生动物学》，北京：科学出版社，1999。

沈韫芬，施之新，余育和：论原生生物（藻类、原生动物）分类、区系研究的重要性，见：牛德水编：《中国生物系统学研究回顾及展望》，北京：中国林业出版社，1998。

Corliss，J. O.：An interim utilitarian（“user-friendly ”） hierarchical classification and characterization of the protists. *Acta Protozoologica*，33：1～51，1994。

（沈韫芬）

蜱螨学

（Acarology）

蜱螨在分类地位上属于节肢动物门、蛛形纲、蜱螨亚纲（Acari）。包括蜱（tick）和螨(mite)两大类群。蜱螨是一类微小的动物，但在地球的各种生态环境中几乎无处不在。从陆地到海洋，从森林到土壤，从沙漠到河流，都有蜱螨分布。蜱螨种类极其繁多，估计种类达100 万种，但目前已描述的种类仅数万种。蜱螨不但分布广泛，生活方式也极为复杂。有些蜱螨如蜱类、恙螨、革螨、疥螨、蠕形螨等寄生于人和动物，吸食血液，传播疾病（例如森林脑炎、出血热、莱姆病、恙虫病、疥疮等）；也有的螨类取食植物，是农作物和林木的重要害虫，如叶螨、瘿螨、跗线螨；粉螨在仓库内为害仓储食品；捕食性的螨类是害虫（螨）的天敌，是有利用价值的生物资源，如植绥螨、长须螨、肉食螨等；自由生活的腐食性螨类，如甲螨等在对土壤有机物质的分解中发挥着重要作用，在自然界物质循环中具有重要意义；水螨生活于各种水域，包括温泉、海水、湖泊和溪流，对于蚊虫的生物防治、水体的监测和渔业生产有一定意义。蜱螨与农林、医牧、仓储、环境科学和人类生活有着密切的关系，因此，对蜱螨的研究越来越受到重视。

现代蜱螨学的发展始于19 世纪末20 世纪初的欧洲。40 年代以后，由于恙虫病广泛流行于太平洋地区，恙螨和恙虫病的研究受到重视。1952 年 Baker and Warton 发表 *Introduction to Acarology* 一书，标志着蜱螨学（Acarology）作为一个独立的分支学科从昆虫学中分离出来。第二次世界大战以后，由于杀虫剂的广泛使用，农作物害螨抗性增强，

螨类猖獗为害，因此，对于害螨的防治和益螨的利用备受关注。这些都促进了蜱螨学的发展，并且形成了农业蜱螨学（Agricultural Acarology）和医学蜱螨学（Medical Acarology）等分支。目前，涉及蜱螨的各个研究领域，包括蜱螨的系统学、生理学、生态学、细胞学、分子遗传学以及害螨的防治对策、益螨的利用、蜱螨与人畜疾病、医螨的流行病学等方面正在蓬勃开展，方兴未艾。

国际蜱螨学学术讨论会自1963年在美国召开了第一届会议以来，目前已召开了十届会议。继专业杂志*Acarologia* 于1959年在法国创刊以后，又有多种世界性的专业期刊，如 *International Acarology*、*Experimental and Applied Acarology*、*Systematic and Applied Acarology* 等。目前，世界上从事蜱螨学的专业人员约有1 905 人。

20 世纪50 年代以前，我国对一些重要的医学、农业螨类的生物学和防治有过零星报道，但该领域的研究进展缓慢。自50 年代开始，在我国科学技术进入新时代的大好形势下，我国蜱螨学的研究才得到了迅速的发展，创建了一支专业队伍，形成了一定规模的学科领域，取得了许多重要的科研成果，成为服务于国民经济的重要学科之一。

由于医学蜱螨与人、畜关系密切，自50年代即已开展研究，是我国研究最早的蜱螨类群，专业队伍较大，技术力量较为雄厚。目前我国已开展研究的类群有蜱类、革螨、恙螨、尘螨、蠕形螨等，在分类学、生态学、分布、与宿主的关系等方面都进行了大量研究。以蜱、恙螨、革螨和尘螨为媒介传播的疾病的流行病学调查研究也相应开展，积累了丰富的资料，为防治对策提供了科学依据。

农业害螨对经济作物常造成严重为害，有些种类是全国性或局部地区农业上重要的有害类群。我国已开展研究的螨类如叶螨、瘿螨、跗线螨、粉螨等，是我国棉花、果树、蔬菜、林木、观赏植物和仓库中常见的螨类。有些螨类还传播植物病害，造成植株死亡。益螨的利用方面，开展的有植绥螨、肉食螨等。我国对柑橘园内植绥螨的生物学、人工饲养、贮藏、田间释放、利用价值都进行过深入研究，积累了丰富的资料，并进行了推广应用，取得了一定的经济效益和生态效益。此外，还从国外引种了智利小植绥螨（*Phytoseilus persimilis*）以防治温室叶螨；引进西方盲走螨（*Typhlodromus occidentalis*）防治果园害螨，都取得了显著效果。

近年来，细胞学、生物化学和分子生物学技术也应用于我国蜱螨的研究，如蜱类基因组DNA 多态性的研究；叶螨种群DNA 多态性的检测；恙虫立克次体在恙螨体内的基因的扩增、鉴定及克隆的研究等。关于蜱类的信息素、生殖和蜕皮的激素调节也进行了一系列的科学研究。这些研究成果缩小了我国蜱螨学研究与世界先进水平的差距。

中国昆虫学会蜱螨专业委员会是适应我国农、林、牧、医蜱螨研究和医药卫生事业的发展需要，于1963 年2 月正式成立的。它是在中国昆虫学会领导下的学术团体，自建立以来的 40 余年里，为推动我国蜱螨学的发展、团结和凝聚广大专业人员做出了贡献。专委会编辑印发了15 期《蜱螨通讯》，为会员及时了解蜱螨学术和工作动态发挥了积极作用。第一届全国“蜱螨学术讨论会”于1963年召开。目前，蜱螨学术讨论会共举行过8次，另外还举行过2 次专题讨论会。我国蜱螨学方面的论著，除分类方面的志书以外，还曾出版和发行了大量普通蜱螨学的著作、教学参考书和科普性的蜱螨手册。这些图书对于普及蜱螨学知识、推动蜱螨学的发展、培养专业人才，发挥了重要作用。目前我国从事蜱螨学研究的专业人员约有百人，分散于

科研单位、高等院校、农林、卫生防疫部门等。

参考文献

Baker, E. W. & Wharton, G. W.: *An Introduction to Acarology*, MacMillan Co., New York, 465, 1952。

Krantz, G. W.: *A Manual of Acarology* (2nd ed), Oregon state univ. book stores, 509, 1978。

Evans, G. O.: *Principles of Acarology*, CAB International, Wallingford, 562, 1992。

邓国藩，王慧芙，忻介六，王敦清，吴伟南，王孝祖：《中国蜱螨概要》，北京：科学出版社，240，1989。

王慧芙，金道超：中国蜱螨学研究的回顾和展望，《昆虫知识》，26：(4)，401～414，2000。

（王慧芙）

蠕虫学

(Helminthology)

蠕虫是动物界几个门类的集合名称，不是正式的分类单元。它包括三个类群，即扁形动物门、线虫动物门和棘头动物门。但在比较现代的概念中，蠕虫包括了多个无脊椎动物的门类，即扁形动物、颚咽动物、纽形动物、腹毛动物、线虫动物、线形动物、棘头动物和动吻动物等。颚咽动物、纽形动物、腹毛动物、线形动物和动吻动物均为一些小动物类群，仅个别学者对其进行了较少的研究。

在扁形动物、线虫动物和棘头动物等三个主要蠕虫类群中，除少数扁形动物和线虫动物中少数种类营自由生活外，大多数蠕虫都营寄生生活，靠吸食寄主的营养及血液为生。因此，蠕虫学的研究更多涉及寄生虫学的研究，它包括形态分类学的研究、生活史的研究、生物学以及生态学的研究、地理分布及区系特点的研究。对这些动物的研究，新中国成立前我国做的工作不多，只个别学者有过零星研究报道。新中国成立后工作发展非常迅速，取得了显著成绩。

一、形态分类学的研究

中国蠕虫学的研究基本上始于20世纪30年代曾省、秦素美和徐锡藩等对蠕虫的研究，但大规模的研究则是在50年代以后进行的。早期的研究主要是光学显微镜下的形态分类学研究。

关于淡水涡虫，30年代林绍文、秉志、杜增瑞、肖之的、李汝祺等已有过研究报道，以后刘德增在前人工作的基础上又研究、整理了中国淡水涡虫的种类及分类，共报道17种，其中新种10个，这些种类均为广布性的种类。海洋涡虫未经系统研究，仅有零星报道，孙世春等统计有24种分布于我国沿海。

尹文英、Sproston 从40年代开始进行中国的单殖吸虫研究，50年代以后有林慕恩、郎所、吴宝华、王伟俊、张剑英、马成伦、陈致和等系统研究了寄生单殖吸虫分类及区系，并在此基础上编写了《中国动物志・单殖吸虫纲》，报道了约600种单殖吸虫，总结了中国淡水单殖吸虫的区系特点，揭示了单殖吸虫与寄主鱼之间的专一性关系，可进一步佐证鱼类的进化。海洋单殖吸虫方面，我国学者报道的不多，1957～1959年间前苏联动物研究所贝霍夫斯基教授在我国黄海及南海初步研究认为其种类不少于40种，其研究论文多发表在前苏联寄生虫学杂志和动物学杂志上。近10年来，张剑英等对南海的单殖吸虫进行了研究，统计约有250种。

唐仲璋、唐崇惕、陈心陶、徐秉琨、潘金培、王伟俊、顾昌栋、申纪伟、邱兆祉、汪溥钦等研究了淡水鱼类、两栖类、鸟类及哺乳类的寄生吸虫。陈心陶编写了《中国动物志・复殖目》，该卷包含了14科381种。顾昌栋、申纪伟、邱兆祉等还研究了海水鱼类的寄生复殖吸虫的种类及区系，基本上了解了

这一类群的种类和分布状况。目前已知我国海洋吸虫38科，共报道约500种，其中发表新种250种左右。

廖翔华、陈燕新、汪溥钦、员莲、李敏敏、冯伟、杨文川等研究了绦虫的分类及区系，报道绦虫百余种。廖翔华等还研究了舌状绦虫在中国的分布，为舌状绦虫病的防治以及防止该病扩散提供了有益的参考依据。詹季生等利用绦虫染色体特征、可溶性蛋白以及同工酶研究了莫氏绦虫属的分类。

刘建康、伍献文、李淑颖等从20世纪30年代开始研究线虫，伍惠生、余仪等研究了淡水鱼类的寄生线虫分类及区系，徐辉南等研究了动物寄生线虫，至今已报道淡水鱼类及其他动物寄生线虫百余种。海洋寄生线虫的研究不多，仅尹文英、孙世春等报道了41种。张志南等初步研究了渤海的自由线虫，统计约有80余种。长期以来，线虫的分类是以光镜下的形态结构为主要依据的，近年来，国内也利用扫描电镜所揭示的形态结构来解决线虫的分类问题。扫描电镜所揭示的结构特征不仅为线虫的分类提供了有用的特征，同时也为线虫演化关系的研究提供了新的证据，这将使长期以来“线虫起源不详”的研究状况可能有所改变。

棘头虫属于完全寄生的类群，其成虫的寄主涵盖了脊椎动物的各个类群。国内研究较为系统的主要是寄主为鱼类的棘头虫，共报道90余种，其中海洋棘头虫32种。李敏敏等研究了渤海鱼类的寄生棘头虫，尹文英、伍惠生研究了辽河鱼类的棘头虫，余仪、伍惠生研究了长江中游鱼类的寄生棘头虫区系，汪溥钦等研究了福建内陆及其沿海的棘头虫分类及区系特点并编写了福建棘头虫志，共报道100余种棘头虫。杨廷宝还研究了寄生青海湖裸鲤的湟棘头虫的种群生物学。

二、生活史的研究

蠕虫在完成其生活史过程中，有的虫种不需更换寄主，有的则常常需要更换寄主，这就形成了蠕虫生活史的多样性。这样对于完成一个虫种的生活史研究是非常不容易的，尤其是对于那些需要更换寄主的虫种就更难了。通过生活史的研究，不仅可以对寄生虫各发育阶段有比较清楚的认识，而且可以对养殖生物的病原及其引起的病害之防治有着极大的帮助。因此，这项工作不仅有重要的理论意义，而且有着实际的经济价值。该项研究基础比较好的主要是吸虫类。唐仲璋、唐崇惕、吕军仪、刘升发等研究了多种吸虫的生活史。唐崇惕、廖翔华等研究了一些绦虫的生活史。其他类群生活史的研究则较少。

通过生活史的研究，能用于确认某些以幼体危害寄主的常见吸虫种类，如唐崇惕等结合闽浙沿海缢蛏“黑根病”病原调查，通过人工感染，研究结果发现缢蛏的病原为食蛏泄肠吸虫 *Vesicocoelium solenophagum* Tang et al.。曹华等将福建沿海蛤仔体内的毛蚴感染到黄鳍鲷体内而找到成虫，从而确认蛤仔体内的病原为东方肛居吸虫 *Protoeces orientalis* Cao。汪昌寰等将缢蛏鳃寄生的囊蚴进行体外培养，从而进行吸虫种类的鉴定。上述成果同时为海水养殖中的寄生蠕虫病原的鉴定以及寄生蠕虫病害的防治奠定了坚实的基础。

应用生活史研究的成果，在系统分类学中可以有助于对寄生虫的分类地位、进化程度的深入了解，如王桂堂等利用吸虫发育过程中各发育阶段之器官发育和分化中的特征及染色体核型特征于牛首科吸虫的系统分类中，建议将牛首科所代表的腹口类和前口类吸虫分别作为两个独立的单元并建立了牛首科吸虫新的分类系统。

三、生物学与生态学的研究

在我国，寄生蠕虫生态学的研究只是在

60 年代才开始的，早些时期的研究多数是关于寄生蠕虫的季节性变动或是一些理化因子对寄生蠕虫的影响之研究。直至近20 年，该领域的研究才进入到寄生蠕虫种群生态学的研究。聂品等研究了单殖吸虫体内铁含量及其变化规律，获得了单殖吸虫以寄主血液为食的直接证据。夏晓勤等研究离体状态下小鞘指环虫的产卵能力，发现其产卵能力与虫体年龄和生理机能状态有关，且在低温条件下仍可孵化，只是其孵化率和孵化速率较常温下要低。通过对小鞘指环虫种群的季节变动研究发现：小鞘指环虫在寄主体内几乎总是呈聚集分布。

近十年来，国内在自由生活海洋线虫生态学方面也开展了一些工作，以自由生活海洋线虫为主的小型底栖动物生态学的研究，主要涉及养殖虾池中线虫的培养以及生活史研究、沙质潮间带及邻近海域底栖生物群落和线虫空间分布的研究，这方面的研究将对海洋生态系统动力学研究与海洋生物资源可持续利用起着基础作用。

四、细胞学与遗传学的研究

国内于 80 年代才开始有关这方面的研究，我国学者对复殖吸虫、绦虫、线虫的一些种类的染色体核型进行了研究，弄清了这些蠕虫的染色体核型的基本状况，如李树华分析研究了斯氏并殖吸虫核型。利用染色体特征于系统分类中，也是分类学研究中较为重要的分类指征，如刘家英分析了15 种叶形吸虫的染色体核型并用于吸虫的分类学研究，同时认为这对形态分类学是较好的佐证。王桂堂也将吸虫的染色体核型研究用于牛首科吸虫的系统分类。染色体核型或其他现代技术方法，特别是对那些形态学差异较小的虫种的分类鉴定，不失为好的研究方法。

五、生物化学及其他新技术应用研究

现代蠕虫学与生物科学其他领域一样，正实现着由单纯的定性描述向精确的定量分析转变的过程。随着大量新资料、新信息的不断涌现和迅速积累，对它们的集中管理和全面分析已成为一项紧迫的任务。因此各种新技术以及电子计算机技术自然地成为日益为人们所重视的有力工具。我国学者也在不同程度上开始重视这些新技术的开发和利用，如唐崇惕等对土耳其斯坦东毕吸虫进行了扫描电镜的观察；王桂堂利用吸虫的超微结构于系统分类学研究；杨光敏等利用电泳技术对日本血吸虫乳酸脱氢酶进行了电泳分离研究；徐秉锟等用聚类分析的方法进行了并殖吸虫成虫的数量分类；刘家英等对吸虫的可溶性蛋白、同工酶进行了研究并将其用于吸虫的分类学研究，同时还利用聚类分析的方法对吸虫进行了分类学研究；冯瑞元等制备了抗斯氏肺吸虫的单克隆抗体并用单克隆抗体—免疫印迹试验检测肺吸虫患者的血清循环抗原，为诊断肺吸虫病及考核治疗效果开拓了一可行的新途径。

上述蠕虫学所涉及的研究领域，以复殖吸虫的研究具有较为坚实的基础，无论是形态分类学和生活史的研究，还是核型分析以及其他现代研究手段的运用都取得了一系列的成绩，与国际间的研究水平正在接轨或是达到国际先进水平。

参考文献

吴宝华，郎所，王伟俊等：《中国动物志·扁形动物门·单殖吸虫纲》，北京：科学出版社，1～756，2000。

张剑英，邱兆祉，丁雪娟：《鱼类寄生虫与寄生虫病》，北京：科学出版社，1～735，1999。

唐崇惕：寄生虫病原的生物多样性，见：《中国动物科学研究》，北京：中国林业出版社，7～11，1999。

申纪伟，邱兆祉：《黄渤海鱼类吸虫研究》，北京：科学出版社，1～207，1995。

张路平，孔繁瑶：扫描电镜在线虫分类学研究中的应用，见：《中国动物科学研究》，北京：中国林业出版社，181～185，1999。

黄宗国：《中国海洋生物种类与分布》，北京：海洋出版社，305～340，1994。

（赵元著　申纪伟）

贝类学

（Malacology ，Conchology）

贝类学又称软体动物学，是研究软体动物（Mollusca）分类、形态、生理和生态等的一门学科。贝类是动物第二大门，约有115 000余种，种类多，分布广，与人类关系极为密切，很多种类可供食用、药用、工业用、工艺用，但也有一些种类对人们有害，可传播寄生虫病、危害农作物、危害港湾的木石建筑及船只，以及堵塞沿海、河、湖的工厂冷却水管等，因此早在17 世纪就建立了贝类学这一专门学科。贝类包括七个纲，即无板纲（Aplacophora）、多板纲（Polyplacophora）、单板纲（Monoplacophora）、双壳纲（Bivalvia）、掘足纲（Scaphopoda）、腹足纲（Gastropoda）、头足纲（Cephalopoda）。我国人民对贝类学的研究起始很早，在许多古书中，如周公的《尔雅》、唐朝欧阳询的《艺文类聚》、明朝李时珍的《本草纲目》等书中都有记载；一些贝类名称，如淡菜、文蛤、石决明，至今我国和日本仍在用；还有两千多年前我国已掌握了人工养殖河蚌生产珍珠及牡蛎的养殖技术。近代（18～19 世纪）有一些外国学者在我国进行贝类的调查、研究，相继发表一些专著与论文，至今美、英、法、德等国的一些博物馆仍保存有我国许多贝类标本。法国人在上海建立了震旦博物馆，在天津建立了北疆博物馆，都收藏了大量的贝类标本，1868～1880 年对远东地区进行了13 次考察，特别是对长江中、下游地区的淡水、陆生贝类做了大量采集，出版了《南京和华中的淡水软体动物》(1876～1886，报道了蚌科140 种，蚬科 50 种）及《中华帝国自然历史论文集》(1882～1889，记录了淡水和陆生贝类近500种)，这是对我国淡水、陆生贝类系统研究的早期专著。

20 世纪我国贝类学研究历史可分为三个时期：（一）1949 年前（新中国成立前）、(二）1949～1978 年（新中国成立后至改革开放）和（三）1978 年至20 世纪末。

一、1949 年前

20 世纪20 年代，我国科学家开始对我国贝类进行调查研究。1928～1929 年相继建立了静生生物调查所和北平研究院动物研究所，为我国贝类学研究创造了条件，发表了一些论文。秉志、金叔初、张玺、阎敦建等老一辈科学家为发展我国贝类的研究做出了贡献。秉志、金叔初、阎敦建对我国的腹足类进行了研究，30～40 年代发表过论文，如秉志、金叔初的“香港的腹足类”，秉志、阎敦建的“新疆的一些腹足类”，还有阎敦建对山东半岛、厦门的海产腹足类的研究，对苏州、浙江、湖南、四川等地的淡水及陆生腹足类的研究，以及对英国自然博物馆、德国的瑟肯堡（Senckenbreg）博物馆、美国的加利福尼亚自然博物馆收藏的中国海洋、淡水、陆生贝类进行研究，分别发表了论文。

张玺是我国贝类学的奠基人。早在20 年代留学法国，从事贝类的研究，1929 年参加第一届国际海洋学会议，并以“普娄旺萨沿岸后鳃类的研究”论文，获法国国家博士学位。1931 年回国后，对胶州湾进行全面调查，发表了“胶州湾海产动物采集团采集报告”、“青岛沿岸后鳃类的研究”、“胶州湾及其附近海产食用软体动物之报告”，这些成果为我国海洋学、海洋动物及海洋贝类的研究奠定了

良好的基础。抗战时期，无法进行海洋方面的研究，张玺对云南昆明滇池的环境和动物进行了调查，发表了“云南昆明湖的性质及动物的研究”，并对云南省一些湖泊如洱海、杨宗海、异龙湖等进行了调查，采集了大量贝类标本，发表了一些论著，特别是对仅分布于我国云南湖泊中的田螺科一个特有属——螺蛳属(*Margarya*)进行了专题研究，对其分类、形态、繁殖、生长、栖息环境、产量和捕捞方法做了调查、研究，发表的文章有“滇池食用螺蛳属之研究”、“田螺科螺蛳属之检讨”等，这些工作是我国湖沼学研究的开端。

在形态方面的工作极少，仅有张明俊于1929年、李赋京于1935年发表过田螺的解剖，日人泷庸于1940年发表过田螺科及椎实螺的解剖结果。

总之，在新中国成立以前，老一辈科学家艰辛地做了一些零散的工作，多为分类，其他方面的很少。

二、1949～1978年

1949～1978年，我国贝类学科得到了发展。50年代初成立了中国科学院海洋研究所(初建为中国科学院水生生物研究所海洋生物研究室)、中国科学院动物研究所(初建为动物标本整理委员会)，50年代末又成立了中国科学院南海海洋研究所，以及相继成立了一些水产院校、科研所和养殖场等。这些单位都有贝类学的研究人员。中国科学院三个研究所的贝类学的研究皆为张玺领导，各所各有研究重点，海洋研究所以研究海洋贝类的分类、区系、形态和生态学等方面为主，动物研究所主要研究淡水、陆生贝类的分类、区系，以及医学贝类及危害农作物贝类的分类、区系等方面，南海海洋所以实验生物学为研究重点。张玺亲自领导了珍珠贝及养殖珍珠的课题，接受了一些科研、水产、教学单位人员进修，为国家培养了许多贝类学学术带头人。这个阶段的工作成就主要有以下几个方面。

贝类分类学　在张玺的领导下北至鸭绿江口，南至南海诸岛的漫长海岸线和广大海区进行了多次的调查采集，其中有1958～1960年中国近海海洋调查，1959～1962年北部湾调查，以及其他方面的调查，获得了大量的、比较完整的海洋贝类标本及资料。淡水、陆生贝类的调查也在全国许多省、市(地区)同时进行，搜集了大量标本和资料。根据这些标本和资料进行系统的整理研究，发表了许多科、属和一些地区性研究报告及出版专著。专著有《中国北部海产经济软体动物》、《南海双壳类软体动物》、《中国经济动物志·海产软体动物》、《中国动物图谱·软体动物》第一册。论文有关于珍珠贝科、江珧科、牡蛎科、鸟蛤科、砗磲科、帘蛤科、竹蛏科、海笋科、船蛆科、鲍科、凤螺科、宝贝科、骨螺科、海兔科、侧鳃科、乌贼科、枪乌贼和蛸科等。淡水贝类结合水库综合利用、湖泊及地区调查的文章有对西藏、白洋淀、洞庭湖、黄河三门峡水库、十三陵水库、怀柔水库等螺、蚌的研究；并对日本血吸虫中间宿主——钉螺的分类进行研究。科普方面出版了《我国的贝类》、《牡蛎》、《医学贝类手册》等。此外，1961年出版了我国第一部贝类著作《贝类学纲要》。张玺根据我国各地区贝类在我国及其邻近海域分布的资料，发表了“中国软体动物区系区划的初步研究”，首次将我国海洋贝类分为三个不同区系区划：暖温带性质的长江口以北的黄渤海区，亚热带性质的长江口以南的大陆近海，包括台湾西北岸和海南岛北部，热带性质的台湾东南岸、海南岛南端及其以南的海区；长江口以北的黄渤海区和日本北部沿海属北太平洋温带区的远东亚区，长江口以南的大陆沿岸、台

湾西北部、海南岛北部和日本南部属印度西太平洋热带区的中日亚区，而台湾东南岸、海南岛的南端及其以南和日本的奄美大岛以南属印度西太平洋热带区的印尼—马来西亚亚区。这个区系区划不仅是对贝类，而且对海洋生物的研究都是重要的研究成果。

贝类形态学 主要是结合经济意义较大的种类做了一般性的形态、解剖工作。发表的文章有关于鲍、毛肤石鳖、田螺、钉螺、椎实螺、褐云玛瑙螺、蛞蝓、蚌、贻贝、扇贝、蛤仔、缢蛏和乌贼等研究结果。

贝类生态学 1957 年以来，中国科学院海洋研究所与前苏联合作对我国潮间带海洋贝类进行区系及生态的调查，以及我国第一艘海洋调查船“金星轮”进行底栖动物的调查，全国普查办公室领导的我国四海（黄、渤、东及南海）的底栖动物和浮游生物的调查，对潮间、底栖、浮游贝类的生态等方面做了研究。同时对经济意义较大的种类进行生态和养殖生物学的研究，包括有益种类的生态习性、繁殖发生、人工养殖等的研究。为了解决种苗的供应，对一些种类的幼虫培养做了大量工作，发表了专著有如《牡蛎》、《近江牡蛎》、《淡水贝类养殖》；发表文章有关于鲍、红螺、斑玉螺、荔枝螺、珠母贝、贻贝、青蛤、蛤仔、寻氏肌蛤、鸭嘴蛤和蛸类等的生态习性的调查结果；并对泥蚶、贻贝、扇贝、珠母贝、西施贝、蛤蜊、缢蛏、鲍和海兔等的人工育苗及养殖方法都做了大量工作。这些研究成果对我国养殖业贡献巨大。特别应提到珍珠养殖，我国珍珠养殖起源很早，在宋朝就有了世界最早的养珠法。建国后，50 年代贝类学家就开始调查，逐步掌握了我国珍珠贝的养殖资源，并探讨养殖珍珠的技术与理论问题。在《贝类学纲要》一书中，对珍珠贝——海产的合浦珠母贝、淡水产的三角帆蚌、褶纹冠蚌做了描述。60 年代我国南海的个别科研机构和海水养殖场，养成合浦珠母贝的游离有核珍珠，合浦珠母贝人工育苗实验获得成功并应用于生产，建立了一批海水珍珠养殖场。淡水无核珍珠养殖在长江中、下游一带发展很快。70 年代在江、浙一带产量已很高，已占世界年产量第一位，三角帆蚌、褶纹冠蚌已开发利用，人工育苗也已试验成功。相继发表了“珠母贝及珍珠的形成”、“河蚌育珠”、《珍珠的养殖》等文章及专著。

50 年代对海水中有害种类，如对危害海港、海湾的木、石建筑及船只的海笋、船蛆的种类、分布、个体生态、繁殖、生长及危害情况都进行了详细的调查与研究，提出了有效的经济防治方法。70 年代对淡水中的有害种类，如对堵塞工厂冷却水管的淡水壳菜进行详细的生物学研究，并提出防治措施。对于危害人、畜、禽、鱼类的寄生虫中间宿主——媒介贝类，多是淡水螺类，建国后做了大量的防病、治病工作。如对日本血吸虫的中间宿主——钉螺做了详细的调查研究工作，已查明我国南方有12 省（区）、市（不包括台湾省），347 个县、市有钉螺的分布，在我国大陆分布最北至江苏省宝应县（北纬33°25′），最南为广西横县（北纬22°5′），最东是上海市南汇县（东经121°51′，海拔0 m），最西为云南省云龙县（东经99°56′，海拔3 000 m）。钉螺的孳生地与水系有关，有三种类型——湖沼型、水网型及丘陵山岳型。在并殖吸虫（肺吸虫）中间宿主调查中，钟惠澜于60 年代首次发现生活于山区、丘陵地区的微小型螺类（壳长1～3 mm），为肺外型并殖吸虫中间宿主，由此发现了新的寄生虫病流行区。已知有19 个省（区）有人体并殖吸虫病流行区，有22 个省（区）为人体及动物并殖吸虫流行区。此外，对华支睾吸虫、布氏姜片吸虫的中间宿主也做了一些工作。已发表

的专著有《消灭钉螺的研究》、《我国钉螺分布概况及其分布特点》、《医学贝类手册》，发表文章有“钉螺的生殖与发生”、“肺吸虫病研究与防治”等。这些工作对寄生虫病流行病学的研究及预防都有极其重要的作用。对于危害农作物、林业、园艺、庭院等蜗牛、蛞蝓也进行调查与研究，发表的文章有“褐云玛瑙螺生活习性的观察”、“黄蛞蝓的形态、习性及其消除”、“常见危害农作物的蜗牛、蛞蝓及其消除”。

三、1978 年～20 世纪末

1978 年以来，我国贝类学的研究又进入一个新的发展阶段。1981 年9 月正式成立中国动物学会贝类学分会，至20 世纪末，学会已召开了六次代表大会、九次学术讨论会，并出版了贝类学专门的学术刊物《贝类学论文集》，现已出版九辑，包括海洋贝类、淡水贝类、陆生贝类、医学贝类及古贝类等有关分类、区系、形态、生态、生理、生化、养殖、遗传、地质等方面。张玺生前曾筹划过建立我国贝类学会，现已完成他的遗愿。这些年来学会的许多会员赴国外参加国际贝类学会及贝类学有关会议，参加国际合作，进行学术交流，促进学科发展。这阶段获得的成果有以下几方面。

贝类分类学　经过几十年来贝类的采集、调查，收集到大量的、较完整的标本及资料，经系统的、深入的研究总结，编写了《中国动物志》(头足纲，头楯目，宝贝总科，贻贝目，原鳃亚纲、异韧带亚纲，烟管螺科，帘蛤科，珍珠贝亚目)，此外，还有多册虽已交稿，但尚未出版；出版了《中国经济动物志·淡水软体动物》《陆生软体动物》，《中国动物图谱(软体动物二～四册)》；综合类图书有《贝类学概论》、《中国贝类论著目录(1949～1989)》；专著有《中国经济软体动物》、《浙江动物志·软体动物》、《海南岛贝类原色图鉴》、《大连海产软体动物》及《医学贝类学》。海洋贝类方面，不仅对经济意义较大的科、属进行过深入研究，而且对海南岛、西沙群岛、南沙群岛、香港、台湾海峡等也做了调查研究。发表论文有：“中国近海扇贝的研究Ⅱ～Ⅷ”、“中国近海蚶科的研究Ⅰ～Ⅲ”。研究了：近海的梭螺科、发脊螺科、珍珠贝科、钳蛤科、霹蛤科、锉蛤科、冠螺科、蛙螺科、鹑螺科、衣笠螺科、鲍科、蛤仔螺、鸭嘴蛤科、蓝蛤科、猿头蛤科、拟锉蛤科、片鳃科、拟捻螺属、叶海牛属、露齿螺属、鸟蛤科、原鳃螺类、嵌线螺科等；西沙群岛的宝贝总科、芋螺属、滨螺科、贻贝科、砗磲科、头足类；南沙群岛的掘足类、前鳃亚纲(腹足目、新腹足目和异腹足目)、后鳃类、芋螺科、马蹄螺科、珍珠贝亚目、鸟蛤科、海螂科及头足类；香港及南中国海的腹足类和双壳类。此外，对浙江沿海岛屿、广东南澳岛等地区贝类也有调查研究。从以上的研究结果中可以了解到，我们已基本上掌握了我国海洋贝类的资源情况。

淡水、陆生贝类　从事这方面研究的人员比从事海洋贝类的人员少得多，不过也做了大量工作，基本上对全国各省(区)进行了调查研究，对寄生虫中间宿主媒介螺进行了一些工作。淡水贝类方面，对湖泊研究发表的文章有关于太湖、鄱阳湖、南四湖、东平湖、滇池的湖泊调查；地区性的文章有关于新疆、山东、山西、云南、川东、重庆、浙江、福建、广东、海南岛及西双版纳热带雨林、三峡库区、武陵山地区、武夷山地区、龙栖山自然保护区的淡水贝类调查研究。对日本血吸虫中间宿主——钉螺的分类深入研究，发表文章有：“钉螺的分类探讨”、“钉螺的亚种分化”、“钉螺的分类史评述”、“中国湖北钉螺分类现状”、“中国大陆钉螺分子遗传学研究”等。对并殖吸虫中间宿主的研究，

发现了大量的微小型螺，为热带及亚热带地区的类群，多为新种，有6属25种，可作为中间宿主。发表了大量的新属、新种文章，如“中国拟钉螺的研究”等。另外，还有对田螺科、蛾螺科、黑螺科、椎实螺科、扁卷螺科、蚌科、蛏科等新种、新记录文章。陆生贝类发表论文有对北京、新疆、西藏、四川、广东、浙江、三峡库区、武陵山地区调查研究，还有中国拟管螺属、管螺属、丽管螺属、喇叭螺属的研究文章，以及发表了大量新种、新记录文章，涉及蛞蝓科、近水螺科、圆口螺科、烟管螺科、拟阿勇螺科、砂螺属、沟劲螺属等。

贝类形态学 形态学的研究比较少。发表文章有关于耳萝卜螺的神经系统、嗅检器、生殖系统、循环系统，中国圆田螺的生殖系统，耳河螺的生殖系统、消化系统解剖学和组织学，大瓶螺、光瓶螺的形态比较，三角帆蚌的消化系统，马氏巴蜗牛排泄系统组织解剖及精子亚结构，大珠母贝的贝壳及软组织的形态解剖、幼虫形态、染色体组型，脉红螺的生殖系统、神经系统的解剖，西施舌、尖刀蛏的形态研究等。此外，利用扫描电镜对螺类齿舌、双壳类贝壳的晶体结构进行观察，并对螺类厣的形态进行了研究。

贝类生态学 海洋贝类方面，除对潮间带、红树林生态进行研究外，主要对一些经济意义较大、可食用的种类结合养殖进行系列的研究，如对牡蛎、扇贝、贻贝、鲍、蚶、江瑶、西施舌、寻氏肌蛤、蛤仔、光滑蓝蛤等进行了繁殖发育、人工育苗、养殖技术等的研究，发表的专著有：《贝类养殖学》、《鲍的养殖与增殖》、《近江牡蛎海水养殖》、《贻贝养殖技术》等，发表的文章有：“栉孔扇贝人工育苗”、“泥蚶的繁殖”、“皱纹盘鲍生殖周期”等。关于海水贝类养殖也发表了大量文章。80年代由美国引进肉质鲜嫩、生长快的海湾扇贝，经过一系列的引种、育苗、养殖等研究，已在我国养殖成功，并推广到我国沿海各海区进行养殖。现在我国海产贝类养殖业发展极快，年产量已占我国海产渔业养殖年产量的90%左右，其中牡蛎的产量最高。

我国的珍珠养殖发展极快，前期对海产珍珠贝的调查、研究解决了培育、养成及育珠等关键问题，促进了一批养殖场的建立。1978年养成游离有核大型珍珠，80年代后继续养成第二代（小部分为正圆）、第三代（大部分为正圆）大型珍珠，并开发为产品。同时，还实验养成了海洋象形珍珠。通过开发利用热带海洋资源研究，提高了珍珠生产效率、质量及产量。目前我国海水珍珠年产量居世界第一位。出版的专著有《珍珠科学》、《大珠母贝及其养殖珍珠》及其增订本。我国淡水珍珠养殖业普及长江中、下游地区，年产量已占世界珍珠年产量的90%，亦居世界第一位。出版了《淡水珍珠养殖》、《珍珠养殖》等专著，还发表了与养殖有关的蚌的生态、生理、珠囊形成、插核技术及象形珍珠、防病的研究文章。

我国淡水贝类生态学多结合应用方面开展工作，发表文章有关于田螺、大沼螺的种群生态、生产力及生物学的研究，河蚌的生态习性、蚌类繁殖生物学及钩介幼虫形态，大瓶螺的发生、摄食和生产力的研究。对日本血吸虫中间宿主——钉螺，主要围绕灭螺问题进行了一些研究。

陆生贝类方面，结合对农作物的危害进行研究，发表文章有关于野蛞蝓的繁殖、发生规律、越冬、自然数量消长的研究，温室蛞蝓发生规律，蔬菜灰巴蜗牛的越冬，褐云玛瑙螺的冬季育苗和饲养等。

展望21世纪，我国贝类学的研究应充分发挥已有的基础研究成果，引入高新技术；继

续完成重要的、长期的中国动物志的编写任务；加强动物模型、动物地理，以及对濒危物种、入侵种类及指示生物等环保工作；加强养殖生物学的研究等；使得我国贝类学在学术上及应用上做出更大的成绩。

参考文献

马绣同等：《中国贝类论著目录（1949～1989）》，北京：海洋出版社，1991。

刘月英等：《医学贝类学》，北京：海洋出版社，1993。

张玺等：《贝类学纲要》，北京：科学出版社，1961。

谢玉坎：《珍珠科学》，北京：海洋出版社，1995。

曾呈奎等：《张玺论文集》，北京：学苑出版社，1999。

（刘月英）

昆虫学

（Entomology）

昆虫属节肢动物门，昆虫纲。昆虫学（Entomology）是以昆虫为研究对象的一门科学。随着学科的发展，以及与其他基础学科之间的相互渗透，昆虫学也由简单的形态描述、实验阶段，进入到当前的分子生物学和计算机研究阶段，目前正向着宏观和微观方面发展。在科学的不断发展过程中，昆虫学逐渐形成了自己的许多分支学科，其中最主要的有：昆虫形态学、昆虫分类学、昆虫生理学、昆虫生物学、昆虫生态学。随着应用方面的发展，与此相应的还有：昆虫病理学、昆虫毒理学、农业昆虫学、森林昆虫学、医药昆虫学、城市昆虫学等。我国的近代昆虫学发展历史可分为19世纪、20世纪新中国成立以前和以后三个阶段：

19世纪中国昆虫学发展情况　国际上对昆虫比较有系统的研究始于19世纪，最早对中国无脊椎动物（包括昆虫）进行考察采集的是英国人安德生在1863年开始的，自此之后，先后还有一些国家的学者在中国进行过考察和采集。有法国人托雷尔在湄公河考察（1865～1868）、英国人达尔波特在云南和缅甸考察（1876）、麦卡锡在云南考察（1877）、吉尔在四川和云南考察（1876）、霍西三次到云南进行白蜡虫标本采集和资料收集（1882～1884）、伯恩在云南考察（1885）、法国人维亚尔在云南考察（1877）、亨利和邦瓦洛在云南与越南考察（1889～1890）、勒迪克在云南考察（1890）、费奇在云南北部考察（1892）、邦瓦洛在河内至云南西北部和阿萨姆考察（1895）、英国人赫里斯特曾七次到云南西部和西北部考察等。此外，还有大批的传教士、商人、官员等，他们以传教和经商等为名，但实际是对中国资源进行勘察，搜集了大量的动植物标本。由于昆虫标本便于采集、制作、保存和寄送，所以大量被送到国外去进行定名或分类，见于《印度动物志》（英文版）、《古北区鳞翅类》（德文和英文版）、《大英博物馆馆藏夜蛾名录》（英文版）等许多著作中。

新中国成立以前中国昆虫学发展情况　20世纪30至40年代也有许多外国学者在中国进行过考察采集。有英国人安德生在云南考察（1904）、沃德曾16次到云南北部考察（1911～1934）、奥地利人汉德尔在云南考察（1914～1917）、美国人安德生亚洲动物考察、洛克受美农业部及华盛顿地理学会派遣在泰缅云南考察（1920～1928）等，最大的一次是德国人Klapperich在武夷山考察采集（1938），历时375天，采去昆虫标本16万号，还有其他动物标本。

我国对昆虫学开始比较有系统的研究始于20世纪1911年，当时在北京前中央农事试验场成立了病虫害科。1917年，江苏省成立了治螟考察团。1922～1924年，在江苏和浙

江两省成立昆虫局。1924 年以后，在江西、湖南、广东、四川等省相继成立了专门机构，从事昆虫的实验研究、害虫防治工作。浙江省昆虫局出版了《浙江昆虫年刊》和《昆虫与植病》等刊物，并开始培养昆虫学工作者。

1933 年，前中央农业实验所设有植物病虫害系，以后有些省的农业实验场也设立了植物病虫害组。此后，有不少农业学校设立了植物病虫害系，进行教学和研究，对于我国昆虫学的发展起了一定的作用。在这一时期，中国老一辈昆虫学家也在我国昆虫学研究上取得过一定的成绩，如陈世骧对叶甲的分类、杨惟义对蝽的分类、冯兰洲的医药昆虫研究，都享有国际声誉。胡经甫《中国昆虫学名录》的编著，为我国昆虫分类研究打下了良好的基础。

近50 年来中国昆虫学取得的光辉成就

中国昆虫学在反细菌战中的贡献 1952 年，我国昆虫学工作者赴朝鲜和我国东北进行调查研究，以大量事实向全世界揭露了美帝国主义者对和平人民使用细菌武器的滔天罪行，对保卫祖国和保卫世界和平做出了贡献。

植物检疫方面 建国以来，先后在各有关城市和口岸设立和扩建了检疫站，并在主要果区建立了就地检疫制度。1951 年制订了对外检疫暂行办法，1953 年重新修订；1954 年在各省建立对内检疫基层站；1956 年成立中央植物检疫室；1957 年又公布了国内检疫试行办法。历年以来，对检疫性病虫对象进行严格控制，并取得了一定的成绩。

第 19 届国际昆虫学会议召开 在我国广大昆虫工作者的共同努力下，我国昆虫学在国际上的影响越来越大。1992 年迎来了第 19 届国际昆虫学会议在北京召开，本次会议规模较大，参加人数约3 500多人次，收到论文3 280余篇，为世界昆虫学做出了贡献。

组织机构与人才培养方面 在科学技术现代化的推动和指引下，目前除中国科学院系统和中国农业科学院系统设有一系列的昆虫学和植物保护学研究机构外，在医学、农林和其他一些专业科学院系统也都设有研究机构，一些大专院校的教学单位也设有昆虫学专门研究机构如系、专业等。全国各地都先后成立了昆虫学会、植物保护学会。

人才培养方面，近年来也有了很快的发展，为昆虫事业的发展培养了大批的硕士、博士和留学生。

出版刊物方面 建国 50 周年来我国在昆虫学研究方面曾出版了大量的论文、专著、志、书等。如出版了《中国经济昆虫志》、《昆虫学》、《昆虫分类学》、《中国蛾类图册》、《中国蝶类图谱》、《中国蝶类志》和一些地方昆虫志等。《中国动物志》也纳入了有关昆虫卷册。举办了《昆虫学报》、《昆虫分类学报》、《昆虫天敌》、《昆虫学论文集》等。普通昆虫学和许多边缘学科的论文、专著、图册、简报、通讯、书籍如雨后春笋，层出不穷。

昆虫分类学 昆虫分类学是昆虫学的一门分支学科。在昆虫分类上，建国初期我国已知的昆虫种类大约才有 2 万余种，其中 95%以上的种是由外国人定名的，我国自己定名的还不到 5%。建国以来也有很大的发展，取得了许多成绩。

1956 年杨集昆在陕西和北京附近发现了原尾目（Protura）。1984 年黄复生在西藏考察中发现了缺翅目(Zoraptera)。1986 年王书永在长白山地区发现了蛩蠊目(Grylloblattodea)。

陈世骧是我国老一辈昆虫学家之一，在我国的昆虫学发展和昆虫分类、物种起源、生物地理学等方面研究上做出了许多成绩和贡献。昆虫学家周尧在我国昆虫分类学上做出了巨大的贡献，编著了多种昆虫学书籍和考

证了中国昆虫学史，从理论上找到了我国昆虫学研究历史比欧洲要早7～10 个世纪的证据，倡导建立“农业昆虫学”及“昆虫形态学”体系，创建了天则出版社，建立我国第一个昆虫博物馆，设立了周尧昆虫分类学奖励基金。特别是《中国蝶类志》这部科技巨著为我国乃至世界留下了珍贵的科研和教学财富。此外，还有如朱弘复、蔡邦华、赵修复等老一辈昆虫学家。

中国科学院曾组织过几次大规模的昆虫考察活动，如1955～1957 年和1956～1960 年中苏合作进行的云南、新疆昆虫考察、1960～1976 年西藏昆虫考察、1971～1972 年三北地区昆虫考察、1977～1978 年新疆天山托木尔峰地区昆虫考察、1982～1983 年西藏南迦巴瓦峰地区昆虫考察、1981～1984 年横断山区昆虫考察、1988～1990 年西南武陵山地区昆虫考察等大型考察活动。中国林业部门组织了中国森林昆虫考察。此外，还有各地方部门、科研单位和大专院校组织的有关昆虫考察等活动。发现了大量的新科、新属、新种。1993 年引入的国外先进技术PHYLIP 软件应用于在昆虫系统发育的研究，填补了我国昆虫分类学上的空白。此外，还有昆虫分子生物学的研究等也正在萌发阶段。通过全国各科研单位、大专院校及全国从事昆虫学工作的科学工作者的共同努力，使我国昆虫种类从原来的2 万余种，现增到约5 万余种。全国各地有关部门、单位、学校，都建立了昆虫标本馆、博物馆及贮藏室，据不完全统计，共贮存昆虫标本约1 000 多万号，为摸清我国昆虫家底做出了很大贡献。

昆虫毒理学　昆虫毒理学是研究杀虫药剂（或称杀虫毒剂）对昆虫生理作用的影响的学科。它研究杀虫药剂如何引起昆虫的死亡，也研究在不死亡的情况下，昆虫生理生化作用有何改变。近几十年来，杀虫剂的发展是惊人的，自从DDT 出现到现在，几十万种化合物被试验过，几千种新杀虫药剂已经开始生产及广泛应用。昆虫毒理学在短短的十几年中已经成为了一门十分丰富及相当成熟的学科了。

昆虫病理学　昆虫病理学是现代昆虫学与实验病理学相结合而产生的一门新兴学科。中国科学院动物研究所最早设立了昆虫病理研究组，进行有关昆虫细菌病、病毒病的研究，许多高等院校与科研单位也相继展开了微生物防治的研究。白僵菌大面积防治玉米螟、松毛虫、大豆食心虫及稻飞虱等农林害虫取得了较大的效果。从国外引进的苏云金杆菌于1964 年投入工业生产。此外，松毛虫杆菌、杀螟杆菌、“140”杀虫菌亦已大量生产与应用。对用昆虫病毒防治农林害虫研究，也取得了很大进展。

昆虫生理学　昆虫生理学是研究昆虫体内各组织、器官、系统的结构、功能及其调节机制的学科。我国昆虫生理学也正在兴起，据《昆虫学报》统计，从1950 年至1984 年共发表的1 628篇论文中，昆虫生理学方面的有161 篇，约为9.9%。此后又取得许多成绩和进展，如在昆虫信息素的研究与利用、新农药的筛选与研制、昆虫遗传规律等方面，并发表了许多论文和专著。

昆虫生态学　研究昆虫与环境所发生的关系，以及数量动态，并已派生出生理生态学、数量生态学、生态地理学等分支。早期生态学的许多发展是来源于一些应用领域，如农业害虫及医学昆虫的预测和防治、天敌昆虫的研究和生物防治等。直到30 年代才发展成为一门具有比较完整体系的科学。

1979 年，我国著名生态学家马世骏认为，我国昆虫生态学的发展在解放后的30 年里，大致可以分为三个阶段。第一阶段从1949～1958 年，主要是对重要害虫的田间发生规

律及一般的生态习性的研究，也相应地进行了以生理生态特性为主要内容的实验生态学研究。第二阶段从1961～1965年，研究的中心是种群生态学的数量动态和空间动态，随着粘虫迁飞问题的突出，行为生态学亦有了迅速的发展。第三阶段从1972年开始，进一步向深度和广度发展。主要表现在对数量生态学的研究，也开展了昆虫群落调查及农业生态系统的探讨。70年代以来，随着新系统论、现代控制论和数学、化学、物理学等新成就的进一步渗透，促进了我国生态学的发展，经历了一次巨大的飞跃，其中系统工程学原理及系统分析等新的数理分析方法，有助于我国生态学迈入更精确的数量科学阶段。

森林昆虫学　研究森林中与森林有直接或间接关系的昆虫，如害虫和益虫。在50年代以前，中国只有极少数昆虫学工作者附带从事森林昆虫研究。研究对象及内容仅限于松毛虫、竹蝗、竹象虫等几种害虫的生活史、习性观察及其初步防治实验。50年代后，成立了专门的机构，培训专门人员从事这方面的研究。到目前为止已经对800余种森林昆虫的生活史、习性、防治或保护利用方法进行了研究，并对其中的20余种重要害虫的生物学、生态学及防治或利用方法进行比较详细的研究，出版了多部森林昆虫巨著，为许多新发现的林业昆虫定名及形态描述做出贡献。

医学昆虫学　医学昆虫学是研究危害人体健康的节肢动物的生物科学，研究的是有关这些节肢动物的形态、分类、生活史、生态与环境的关系及防治措施。70年代以来，人们又着重于环境防治以及寻求生物防治和遗传防治的途径，并按照昆虫的生物学特性和环境因子的特点，把这些防治方法有机地结合起来，即所谓“综合防治”，将成为今后节肢动物防治方向。

农业昆虫学　农业昆虫学为昆虫学的一门分支学科，是劳动人民在长期生产实践中认识自然、改造自然、防治害虫、利用益虫而积累起来的经验和科学结果。该学科事业，包括科学研究、干部培养、技术推广方面，目前已有一套完整的机构，其中包括中国科学院昆虫研究所、农业部植物保护局、中国农业科学院植物保护研究所等机构，各地农业科学院所及各省实验站均设立有植物保护部门，很多高等院校设有植物保护专业。近年来农业昆虫学也得到了迅速发展，发表了相当数量的研究论文和专著。

城市昆虫学　城市昆虫学是研究城市生态系统中昆虫区系的组成和演变、城市环境与城市昆虫相互之间的关系和影响，以及城市昆虫对人的利害关系及其治理和利用等有关问题的一门新兴边缘学科。该学科自70年代问世以来，到现在已经发展成为一门较完整的学科。中国的城市昆虫学也正处在发展阶段，已出版了有关城市昆虫学的论文和专著。

害虫防治方面　我国的害虫防治具有悠久的历史。建国以来，在害虫防治方面也取得了很多成绩和突破性的进展。如消灭了历史上最大的蝗虫灾害，在取得成功的基础上，控制了小麦吸浆虫、棉铃虫、粘虫、稻苞虫、稻飞虱、棉蚜、斑潜蝇、松毛虫、白蚁和其他农林害虫的危害。积累了丰富的植保工作经验，提高了防治水平。开展了大规模的农作物、森林病虫害调查，逐渐掌握了农林害虫种类，研究了重要害虫的发生规律。张广学报道，我国农业生物灾害（病、虫、草、鼠）种类繁多，据统计有1 648种，每年的经济损失达数百亿元。因此，农业生物灾害的控制是关系到农业可持续性发展的重大问题。

近十多年来，我国的农业性生物灾害研究工作逐渐加强，取得了许多重要成果。例如，我国农业病虫害防治每年挽回粮食的损失约35 万吨，对23 种粮棉重大病虫害防治指标的修订，筛选出的60 余个耐、抗性品种，Bt制剂和赤眼蜂的工厂化生产，马铃薯、棉花等抗病虫植物的培育等，在我国农业生物灾害控制与农业发展中发挥了巨大的作用。

益虫与微生物的利用方面 我国自70年代起，在益虫和微生物的利用上也取得了许多成功经验。如寄生蜂方面：利用平腹小蜂防治荔枝椿象，金小蜂防治棉铃虫，稻螟赤眼蜂防治稻纵卷叶螟、松毛虫，烟蚜茧蜂防治烟蚜等。捕食性天敌方面：利用胡蜂防治棉花害虫，其他如瓢虫、草蛉、捕食螨等都有应用价值。微生物防治害虫方面：如用苏云金杆菌和白僵菌防治害虫。昆虫病毒的研究也取得一定的进展。此外，天敌的引种工作已经走上有计划有组织的轨道，并促进了国际间的交换，为进一步开展生物防治，减少环境污染，打下了坚实的基础。

昆虫资源方面 我国昆虫资源丰富，开发利用历史悠久。如首创于我国的蚕桑事业，在历史上有着光辉的一页。1957 年的桑园面积为1948 年的两倍，至今仍然在突飞猛进发展。另外，紫胶、白蜡、五倍子、蝴蝶、斑蝥等的开发利用也取得了显著的成就。

参考文献

周尧：《中国昆虫学史》，陕西：昆虫分类学报出版社，1980。

曹骥：我国昆虫学研究工作现状的我见，《科学通报》，2：1955。

陈世骧，朱弘复：新中国昆虫学研究，《科学通报》，17：1959。

北京农业大学主编：《昆虫学通论》（上、下册），北京：农业出版社，1980、1981。

（董大志）

原尾虫系统分类 (Systematics of Protura)

原尾虫，学名蚖，是一类终生生活在土壤中的微小动物（长0.5～2 mm），虽然不具明显的经济价值，但它在节肢动物门中的系统渊源，却始终是吸引分类学家们关注和讨论的热点。其中最主要的两个问题：一是原尾虫各类群之间的系统发生关系，另一是原尾虫在节肢动物门中系统分类地位问题。

意大利F. Silvestri 记述了第1 种原尾虫 *Acerentomon doderoi*，并据此建立了蚖科 Acerentomidae和原尾目 Protura，隶属于昆虫纲 Insecta、无翅亚纲 Apterygota。不久，Berlese 于1909 年不仅记述了另一科——古蚖科Eosentomidae 和3 属10 种，而且根据他对原尾虫的形态、解剖和生物学等的研究结果，认为原尾虫是界于多足动物和昆虫之间的类群，定名为蚣虫纲（Myrientomata）。从一开始，在同一个研究所内对原尾虫的分类地位，就产生了两种不同的观点。

以后从世界各地陆续报道了一些新种、新属，但大多数学者仍然把原尾虫作为昆虫纲中较为原始的类群。1964 年S. L. Tuxen 重新核定了当时全世界已知种类，共计148 有效种，分为16 属、3 科和2 亚目：古蚖亚目（有气管系统）和蚖亚目（无气管系统），成为当代的经典分类系统。1956 年杨集昆在我国发现原尾虫，自60 年代开始尹文英等进行了原尾虫系统分类研究。主要结果如下：

一、纠正了前人对原尾虫系统发生的错误概念

关于古蚖亚目和蚖亚目两大类群的系统发生关系，换句话说即哪一类是较为原始的类群，历来许多著名学者如Berlese、Conde、Tuxen、Imadate 和Nosek 等都认为：在原尾目中，有气管系统的古蚖是原始和最接近祖种的类群，而不具气管系统的蚖科种类则是较为特化的类群，且后者是由前者演化而来

的。持这一论点的依据是：古蚖具短而阔的口器、专门的呼吸器官，腹足的节数和毛数较多。这几个依据是由两个假想而来：1. 假定原尾虫的祖先是具有呼吸器官的，并在长期演化过程中逐渐消失成为无气管的类型；2. 假想原尾虫是从多足动物演化而来，腹足的节数和着生的毛数愈多就愈是原始的类型。

自1963 年至1983 年，在我国各地先后记述了80 多种原尾虫，其中有70 个新种和10 个新属（华蚖属、旭蚖属、沪蚖属、中国蚖属、异蚖属、多腺蚖属、伊春蚖属、华山蚖属、丽蚖属和新康蚖属），并依据形态独特、有气管系统的红华蚖建立了华蚖科(Sinentomidae)。同时，世界其他地区也增加了不少新的属、种。正由于这许多新种、新属的出现，以及在比较形态学、比较精子学、胚后发育和生物学等方面的研究结果，为阐明原尾虫系统演化关系，提供了大量新的素材。尹文英于1983 年提出了与前人不同的原尾虫系统发生新概念：无气管系统的蚖亚目种类是较为原始的类群，而有气管系统的古蚖亚目则是较为特化的类群，理由基于以下三个方面的事实。

1. 观察了多种活体原尾虫的呼吸活动和气孔的结构后，讨论了气孔即呼吸器官在进化过程中的意义。从节肢动物呼吸器官的演化总趋势来看，是从无到有、从简单到复杂的过程。其形式虽然多样，主要可归纳为两大类：较原始的一类是由体壁兼营呼吸作用，或由体壁演化折皱而成为特殊的呼吸器官，如甲壳动物和其他水生节肢动物；另一类是已适应了陆地生活的，主要靠气管系统进行呼吸，如蛛形类、多足类和昆虫等，但其中一些原始的小型种类仍由体壁交换气体。由此可见古蚖和华蚖虽然仅具较简单的气管系统，显然比用表皮呼吸的蚖亚目种类较为进化了。

2. 从观察和比较多种原尾虫的胚后发育各时期的特征和变化，发现红华蚖的前幼虫期和多种古蚖的前幼虫期，都是没有气孔的，蜕一次皮发育到第一幼虫期时才出现气孔和气管系统（图5）。根据生物发生律“个体发生重现系统发生”，证明原尾虫的祖种是没有气管系统的种类。换言之，有气管系统的原尾虫是从没有气管系统的祖种演化而来的。

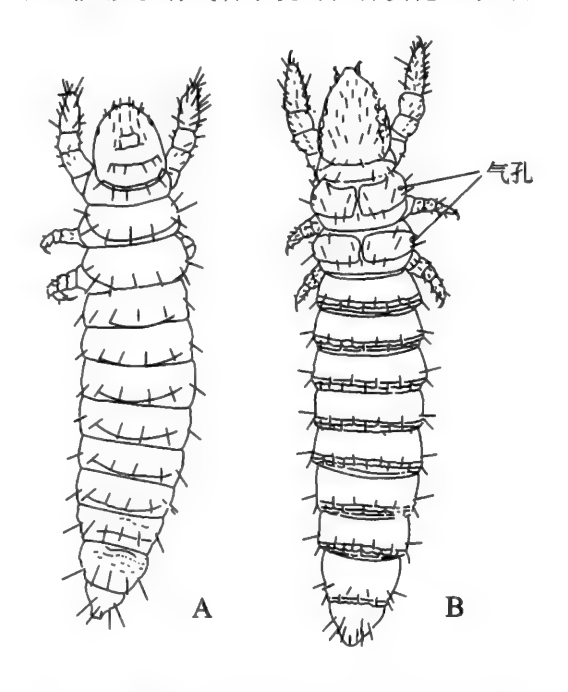


图 5　红华蚖*Sinentomon erythranum* Yin 的前幼虫和第一幼虫

A. 前幼虫背面观　B. 第一幼虫背面观

3. 近年来通过对18 属23 种雄虫进行了比较精子学的研究后，发现原尾虫的精子极具多样性。大体上可以概括为两大类型，一类是有顶体和鞭毛的蝌蚪状长形精子；另一类是既无顶体又无鞭毛的短形精子，从其结构的差异又可分为两类。

对于动物精子的进化过程，人们普遍认为是从能运动的、有鞭毛的精子开始的，随着受精方式的不断完善，某些类群的精子渐渐丧失了游泳能力，成为不运动的类型，最

终作为新的适应对策而失去了鞭毛，成为无鞭毛精子。因此，凡精子的非正常型轴丝微管的出现，或轴丝、微管动力蛋白臂、线粒体嵴以至线粒体的变化或缺失，都是精子特化的标志。原尾虫精子的结构和发展趋势，显示出两条主要演化途径。一条是精子的轴丝边围双微管的数目逐渐增多，顶体的结构渐趋复杂，由简单的尖锥状演化为螺旋锥状，上述蚖目各科大部分的精子代表了这种趋势。另一条途径是失去了顶体和鞭毛，精子的形状也逐渐短缩，结构也渐趋简单化，核从细长螺旋形演变为球形和环形，最终精细胞内只有细胞质和细胞核了。华蚖目的和古蚖目的精子代表了这一演化趋势（图6）。

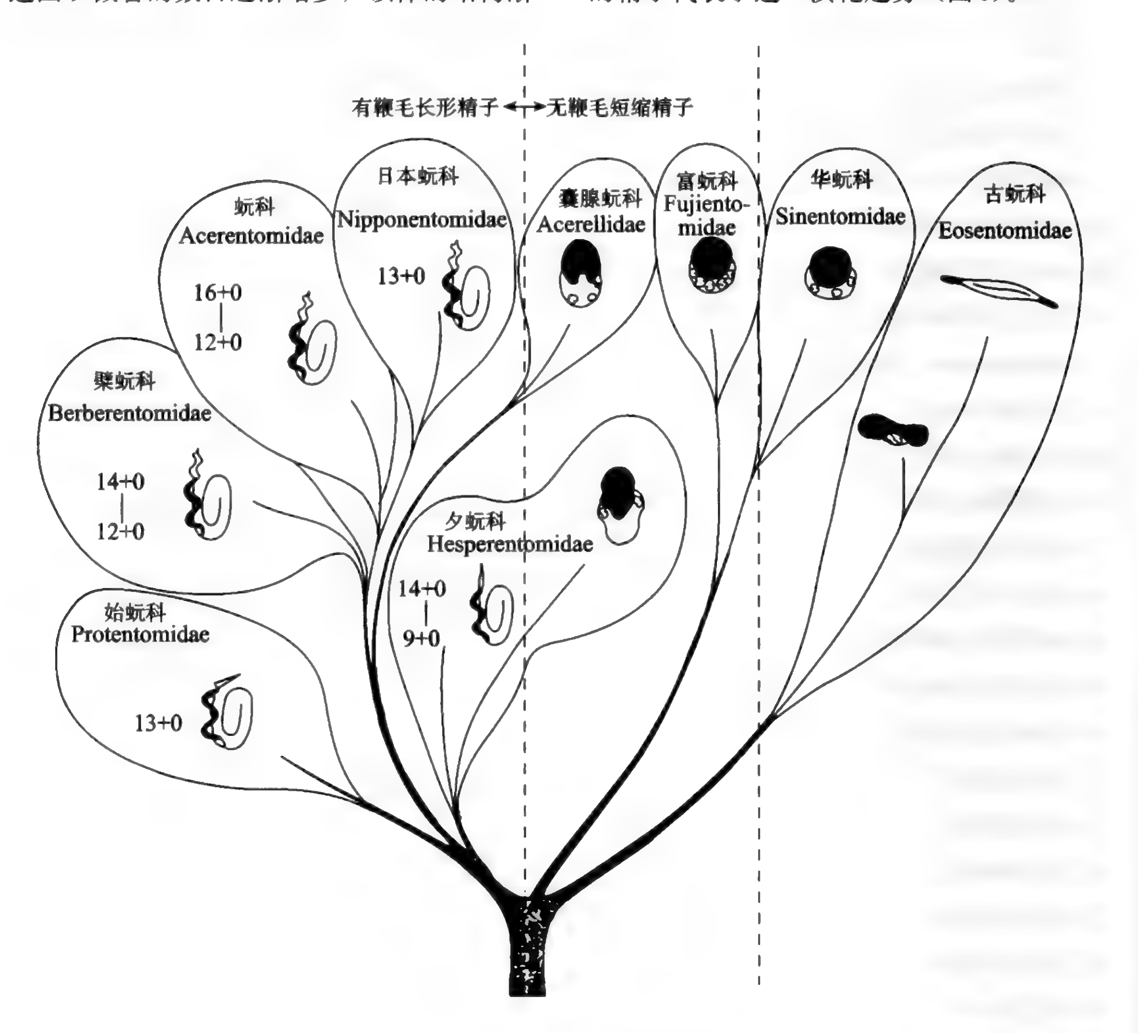


图6　原尾虫精子演化趋势图解

根据系统发生新概念，尹文英对当时世界已知53属进行整理，制定出2亚目、8科和17亚科的原尾虫分类系统。

二、阐明了原尾虫在节肢动物门中的系统分类地位

Silvestri一开始把原尾虫作为昆虫纲（六足类）、无翅亚纲中的一个目，以后多数学者都遵循这个系统。但Berlese、Manton、Bilinski、Baccetti、尹文英和Dallai等都从自己的研究结果，认为原尾虫与昆虫不同，应是独特的一类。Kristensen把原尾虫和弹尾目另立为缺尾纲Ellipura。Kukalova-Peck将

此二目组成近昆虫纲 Parainsecta 与昆虫纲 Insecta *s. str*（狭义）并列。因此，原尾虫不应隶属于昆虫纲，近年来已经是被普遍接受的事实。然而原尾虫和跳虫（弹尾目）是不是近亲，还是一个有待澄清的问题。尹文英从形态学、超微结构和比较精子学等方面对二者进行了比较：它们的共同点是都具有3对胸足和内颚式口器。二者的不同点见表2。

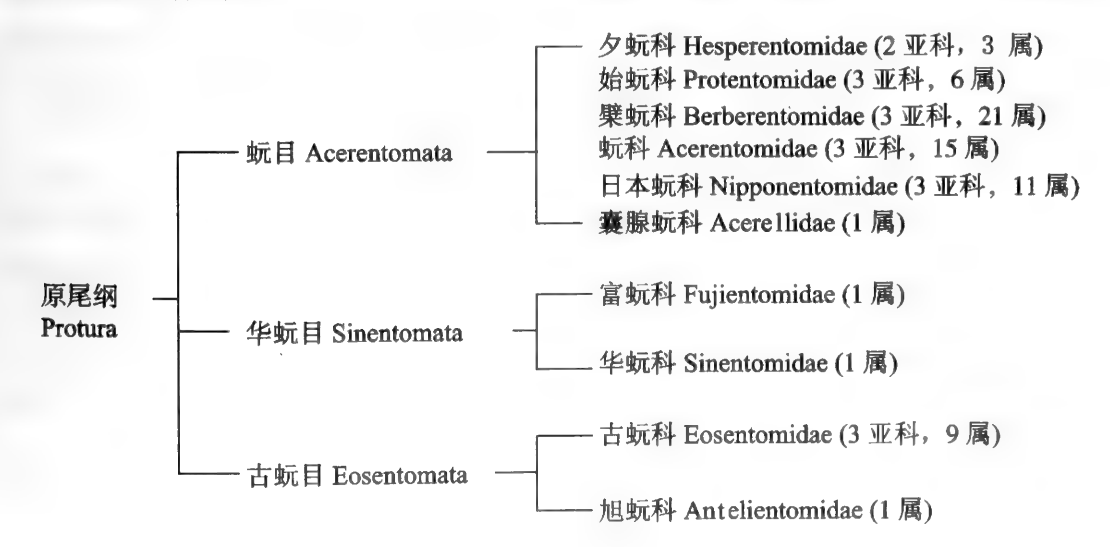
从表2可见原尾虫和跳虫之间存在许多重要差异，并没有显示密切的亲缘关系，原尾虫应是节肢动物门六足纲中一个独立的、较为原始的类群。1996年，尹文英将原尾目提升为"原尾纲"，与昆虫纲并列。1999年初《中国动物志·原尾纲》出版。

表2　原尾目和弹尾目的比较

特　征	类　群	
	原尾目	弹尾目
触角	缺	有，分4节
眼	无眼，有1对假眼	有复眼
腹部	分12节，具3对腹足	分6节，缺腹足，有腹管和握弹器
外生殖器（生殖肢）	形状独特	无
卵巢型	无滋卵巢	具滋卵巢
马氏管	6个，枇杷状	缺
精子轴丝	缺中心微管	有中心微管
微管系	9+0至16+0型	9+2型
蜕皮	4～5次	可多达50次
变态形式	增节变态	表变态

三、建立了新的原尾纲分类体系

由于我国土壤动物资源丰富，迄今已记录原尾虫164种（占全世界1/4），其中包括142新种、18新属和1个新科（华蚖科）。它们具有的一些新的特征，以前的分类系统已难以概括，特别是红华蚖（*Sinentomon erythranum*）和双腰富蚖（*Fujientomon dicestum*）等的出现，在已知2个亚目中都不能包容。尹文英于1999年将世界已知原尾虫10科69属的形态特征、胚后发育、各器官和精子的超微结构和演化规律等进行了系统的研究和分析后，提出3目、10科的分类系统：



参考文献

尹文英：中国原尾虫的研究Ⅱ.有管亚目的一新科，《昆虫学报》，14（2）：186～195，1965。

尹文英：原尾虫系统发生新概念及其起源与分类地位的探讨，《中国科学》（B 辑），（8）：697～706，1983。

尹文英，薛鲁征：原尾虫比较精子学的研究及其在系统分类上的重要意义，《中国科学》（B 辑），（7）：703～711，1992。

尹文英：《中国动物志·节肢动物门·原尾纲》，北京：科学出版社，510，1999。

Yin，W. Y.（尹文英），Xue，L. and Tang，B. W.：A comparative study on pseudoculus of Protura，*Proc. 2nd Intern. Sem Apterygota*，Siena，249～256，1986。

Yin，W. Y.（尹文英）et al.：A "13＋0" axonemal pattern in the spermatozoon of Neocomdeellum dolichotarsum（Insecta，Protura），*J. Ultrastruct. Res.*，93：179～185，1986。

Yin，W. Y.（尹文英），Dallai，R. and Xue，L.：The sperm evolution in Protura，*Proc. 3rd Intern. Sem Apterygota*，Siena，195～198，1989。

（尹文英）

中国蚤类研究（Chinese Siphonaptera Research）

蚤类属于节肢动物门、昆虫纲、蚤目。蚤类是人们最熟悉的昆虫，国内外古籍中多有记述。我国早在东汉时期就有了关于蚤类的生动记述，例如较早的见于东汉许慎所撰《说文解字》中有"蚤，啮人跳虫"的记载。我国古代对蚤类的形态、习性已有比较正确的观察并积累了同蚤类斗争的丰富知识与经验。

随着19 世纪末和20 世纪初对蚤类传播鼠疫和地方性斑疹伤寒等重要疾病的重大发现，对蚤类的研究更受到了医学昆虫学、流行病学以及预防医学的高度重视。这就推动了蚤类研究工作的深入发展。

我国蚤类结合鼠疫防治的研究始于清末。当时东北鼠疫流行，世界知名的卫生学家伍连德组建了哈尔滨东北鼠疫防治所。所年报常发表有关蚤类的调查报告。1923 年我国首次报道了旱獭蚤类传播鼠疫。特别在1930 年以后，我国学者对我国蚤类的分类、分布及其与疾病关系等做了一些调查研究。在蚤类分类研究方面此时已开始打破西方人独占的局面。1936 年，我国学者柳支英首次发表的蚤类名录，记录了我国蚤类74 种和亚种。随后于1940 年，胡经甫记录了我国蚤类90 种和亚种(其中有15 种当时分布于蒙古)。柳支英、徐荫祺和赵修复先后发表了我国蚤类新种。在蚤类分布、生态、与疾病关系等方面的研究也有一些综述、调查报告和专著发表或出版。例如：伍连德和伍长耀等于1935年先后发表了我国有害动物和鼠疫的总结报告以及中国鼠蚤的分布和季节消长的论文。伍长耀等于1936 年发表了英文版《鼠疫概论》的专著，次年伍连德等又发表了中文版《鼠疫概论》的专著。该书成为这一领域的重要著作，具有极大的参考价值。40 年代以后，全国各地区蚤类的调查报告、全国蚤类名录及《中国蚤目志》的陆续发表，大大地促进了我国蚤类的研究。

新中国成立后，在党和政府以"除四害、讲卫生、消灭疾病"的号召下，全国卫生防疫和科研工作得到了迅速发展。蚤类的调查和研究工作同样硕果累累。全国各省（区）经过多年的调查研究，采集了数以万计的标本，积累了丰富的第一手资料，在此基础上编写了本地区的蚤类名录。经过多年的科学积累，全国已知有蚤类452 种和亚种，约是解放前记录的5.5 倍，其中由我国学者发表的新种多达162 种和亚种。除此以外，在蚤类的地理分布、生物学、生态学、与疾病关系和防治

措施等各个领域都取得了重大成果。蚤类是研究最广和最深的昆虫类群之一，从而为编写《中国动物志》蚤目志创造了条件。《中国动物志》蚤目志的编研是在中国科学院中国动物志编辑委员会领导下，由军事医学科学院微生物流行病研究所主持，贵阳医学院、福建省流行病研究所和云南省流行病防治所参与协作完成的。柳支英任主编，由我国8位著名的医学昆虫学家共同编著，于1986年由科学出版社出版。全书分总论和各论两大部分，编撰字数170余万字。总论包括研究历史、形态结构、生物学、系统发育、区系分布、与疾病关系、调查和标本采集与制作方法等六章。各论包括我国蚤类8科17亚科71属452种和亚种，其中含新种和新亚种17个，记述了各分类阶元的重要形态特征和检索表，对每个种的主要参考文献、鉴别特征、形态描述、检视标本记录等都做了详细记述，书中还附有重要形态特征图1 948幅，以便读者对照鉴别。该书是《中国动物志》系列专著中昆虫纲的首卷，它的问世在我国昆虫学史上产生了巨大的深远影响，于1989年获国家自然科学二等奖。该书的出版标志着我国蚤类的研究已达到世界先进水平。

上述成绩充分反映了我国广大科技人员和卫生防疫工作者在蚤类研究方面竭心尽智，深入疫区不畏牺牲，做出了举世瞩目的重要贡献，创造了不朽的业绩。但我国地域辽阔，条件多样，蚤类还有许多问题尚待进一步研究解决。广大科技人员为使我国蚤类的研究立于世界先进之林，将继续做出新的贡献。

（赵仲苓）

昆虫信息素 (Insect Pheromone)

在自然界，雌蛾利用位于腹部的性信息素腺体释放极其微量的化学气味物质引诱雄蛾，雄蛾则借助于头部两根触角感受这种化学气味物质，循迹定向至雌蛾处进行交配。这种昆虫的交配通讯方式是昆虫生命周期中最薄弱的环节。一个多世纪以来，科学家们始终在揭示昆虫的这种通讯方式上做了不懈的努力，但多数都以失败告终。1959年德国化学家布特南特（A. Butenadt）历经了20年的艰难曲折首次报道了从50万头家蚕雌蛾腹端提取物中分离和鉴定出第一个蚕蛾性信息素的化学结构。同年，卡尔生（D. A. Carlson）将一种由同种个体释放并引起其他个体行为反应的化学物质定义为“Pheromone”（信息素）。“Pheromone”这个英语术语取自于希腊语“Pherein”（运载）和“Hormone”（兴奋）的组合。早年，Bethe曾把这类生物活性物质统称为“外激素”，曾一度被国内外广泛采用，但这个概念和内分泌系统的激素概念容易混淆，目前都不大使用。由于昆虫性信息素对雄虫具有强烈的引诱作用，潜藏着巨大的应用前景，许多国家相继投入大量人力和财力进行开发和研究。

昆虫的化学信息通讯原则上可描述为：由昆虫本身或其他有机体释放出的一种甚至多种化学物质刺激、诱导和调节接受体（昆虫或其他有机体）的行为，最终使行为反应有益于释放者或接受体。这类物质统称为信息化合物（Semiochemicals）。按化学信息的基本作用性质和功能大致分为两大类：信息素（Pheromone）和它感作用物质（Allelochemicals）。信息素是同种个体间的化学信息，它包括：性信息素（Sex Pheromone），聚集信息素（Aggregation Pheromone），告警信息素（Alarm Pheromone）和标迹信息素（Trail Pheromone）。它感作用物质是异种间的化学信息，可分成利它素（Kairmone）和益己素（Allomone）等。

我国的昆虫信息素研究工作始于60年代末，由中国科学院所属研究所率先对昆虫信息素进行了探索性研究。其方法是将求偶处女雌蛾腹端剪下，用有机溶剂提取，并进行田间诱蛾试验。试验结果表明了这类雌蛾性信息素粗提取物对雄蛾具有非常强烈的引诱作用。这些初步的研究尝试引起了我国众多昆虫学家和化学家们的极大兴趣。到70年代中期我国已全面开展了我国农林害虫昆虫信息素的化学、生物学、生理学和田间应用研究。经过5个国家五年计划，近30年的研究，我国已合成和鉴定出近50余种昆虫信息素化学结构，表3列出了我国合成和鉴定的一些主要农林害虫的昆虫信息素种类。同时在应用昆虫信息素进行害虫预测预报和害虫防治上也取得了丰硕的成果，为世人瞩目。

表3　若干我国常见农林害虫的昆虫性信息素化学结构

昆虫名称	化学结构
棉红铃虫　*Pectinophora gossypiella*	Z7，E11—16：Ac + Z7，Z11—16：Ac
二化螟　*Chilo suppressalis*	Z11—16：Ald + Z13—16：Ald
三化螟　*Scirpophaga incertulas*	16：Ald + Z9—16：Ald + Z11—16：Ald
亚洲玉米螟　*Ostrinia furnacalis*	Z12—14：Ac + E12—14：Ac
甘蔗二点螟　*Chilo infuscatella*	Z11—16：OH
大螟　*Sesamia inferens*	Z11—16：Ac
棉铃虫　*Heliocoverpa armigera*	Z9—16：Ald + Z11—16：Ald
黄地老虎　*Agrotis segetum*	Z5—10：Ac + Z7—12：Ac + Z9—14：Ac
枣粘虫　*Ancylis sativa*	E9—12：Ac + Z9—12：Ac
梨小食心虫　*Grapholitha molesta*	Z8—12：Ac + E8—12：Ac + E8—12：OH
小菜蛾　*Plutella xylostella*	Z11—16：Ald + Z11—16：Ac
杨树透翅蛾　*Paranthrene tabaniformis*	E3，Z—13—18：OH
马尾松毛虫　*Dendrolimus punctatus*	Z5，E7—12：Ac + Z5，E7—12：OH
稻显纹纵卷螟　*Susumia exigma*	Z7，Z11—16：Ac +Z7，E11—16：Ac
野蚕　*Bombyx mandarina*	E10，Z12—16：OH

早期昆虫信息素化学结构鉴定研究中碰到的第一个难题是如何从雌蛾性信息素腺体提取物中鉴定出活性微量组分的结构。通常这类化学结构鉴定工作需几万头甚至十几万头雌蛾腹端提取物，并经数次层析分离和纯化才能获得极少量的活性组分进行化学结构鉴定。一般鉴定一个昆虫性信息素的主要组分需2～4年时间。80年代初，中国科学院上海昆虫研究所发展了一种摘取单个性信息素腺体进行微量抽提和分析的技术，这种技术仅用一头雌蛾就能得到该虫的性信息素天然全组分的基本信息，从而很快剖析出完整的雌蛾性信息素，使我国昆虫性信息素的化学结构鉴定和天然全组分的研究获得突飞猛进。采用这种超微量分析技术，在很短时间内破译了我国三化螟、二化螟等水稻害虫的昆虫性信息素通讯系统。同时，利用这种超微量分析技术，结合触角电位测定和形态分类特征，证实了我国并不存在欧洲玉米螟和亚洲玉米螟混生区这个长期争论不休的学术问题。此后，为了了解一只雌蛾在单位时间内到底释放多少量的性信息素，又设计和发展了一种独特的、能收集一只雌蛾所释放出来的全部性信息素的实验装置和技术，从而证实了雌蛾一生都释放完全相同的化学通讯系统，回答了国外著名的《化学生态》一书中所提出的“我们目前还不清楚雌蛾一生是否都释放相同的化学通讯系统”的问题。

迄今为止，我国昆虫信息素的化学结构研究表明，我国鳞翅目昆虫的性信息素化学

结构大都为碳链长度为10～21个碳原子，带1～3个不饱和双键，末端功能团为醇、醛或乙酸酯的脂族化合物。雌蛾释放的性信息素一般是由多元组分按精确比例配合所组成的化学通讯系统，专一性强，见表3。昆虫信息素是由一种特殊腺体分泌的，它的生物合成和释放精确地受遗传基因和内分泌系统的调节和控制。昆虫合成和释放性信息素是有生物节律的，即在每天的特定时间内合成和释放，这样不仅能节省合成它的能量消耗，还能保证它在特殊环境和生理条件下处于最佳状态，使种群中个体间的活动得以同步。昆虫释放性信息素的刺激因素大致包括光照、气温、化学因素和日周期性等。鳞翅目雌虫释放信息素诱导雄虫产生一系列行为反应，使静止雄虫兴奋，雄虫沿性信息素循迹定向至雌虫栖息地，而当雄虫接近雌虫时释放雄性信息素刺激雌虫采取交尾行为。昆虫释放和合成性信息素受多种环境和生理因素的影响。

在鳞翅目雌蛾交配化学通讯中，当雄虫受雌虫释放的性信息素引诱找到雌蛾后，会撒开位于腹部的味刷，释放一种能诱导雌虫终止求偶行为及阻止同种其他雄虫继续前来赴会的气味物质，这类物质称之为雄性信息素(Male Pheromone)，在种间生殖隔离中具有重要的作用。雄性信息素的化学结构呈多样性，随种类不同而差异很大。我国科学家从棉铃虫雄蛾的味刷分泌物分离并鉴定出十种挥发性物质，提出了棉铃虫雄蛾味刷的两个生物学功能，一是味刷气味物质中的醇类化合物主要起抑制同种雄蛾定向飞行的作用，而酸类化合物则是起终止雌蛾求偶行为的作用。通过模拟田间试验提出了我国独特的新型雌蛾求偶行为抑制剂和雄蛾定向抑制剂的害虫防治新思路。

昆虫信息素的应用是利用昆虫本身生理生化特性和行为特点作为害虫防治的一种新技术，它是一门模仿昆虫高效化学通讯的技术。利用昆虫信息素防治害虫具有专一性强、无公害、保护天敌等优点，是农林害虫综合防治中不可缺少的手段之一。目前世界上有近百家公司生产和销售用于害虫测报和防治用的昆虫信息素产品。我国则主要是由中国科学院所属研究所的开发公司、江苏金坛激素研究所提供试验性昆虫信息素产品。2000年5月，中国科学院所属研究所与云南大学、新联化工厂和西大西洋集团正式组建了云南新联生态科技有限公司，专门注册生产和销售昆虫信息素和无公害生物农药产品。

利用昆虫信息素防治害虫有两种主要技术：一是用于虫情测报，二是直接用于防治害虫。合理使用信息素测报诱捕器能准确地预测田间害虫发生的高峰期，使农药和其他防治措施能更准确地和害虫的生命周期协调起来，达到害虫防治的目的。同时，还能以此推测下一代害虫种群的密度高低。我国已在数十种农林害虫测报上使用昆虫信息素。利用昆虫信息素直接防治害虫的技术有三种：大量诱捕法、干扰交配法（俗称迷向法）和信息素与其他生物农药联合使用技术。一般来讲，大量诱捕法较适宜于单次交尾的昆虫种类，而对多次交配的昆虫种类而言，仅在中低密度情况下有一定效果。我国利用昆虫信息素大量诱捕法防治白杨透翅蛾就是一个较为典型的成功范例。只要每亩林地设置一个诱捕器就能将白杨透翅蛾的危害降低至经济阈值之下，且可不使用化学农药。此外，我国使用昆虫信息素大量诱捕法和农业防治措施相结合的技术大面积防治梨小食心虫、苹果蠹蛾、甘蔗二点螟、小地老虎、亚洲玉米螟、棉铃虫、红铃虫等害虫都取得了成功。

干扰交配法是由美国学者M. Berozar 提出的，其基本原理是在充满信息素气味的环

境中，雄虫丧失寻找雌虫的定向能力，致使田间雌雄虫间的交配几率大为减少，从而使下一代虫密度急剧下降。我国已在棉红铃虫、红铃虫、果树害虫、蔬菜害虫等农林害虫上防治使用这种技术，取得了成功。

我国还对信息素与其他生物农药联合使用技术的可行性进行了探索研究。这种技术是利用信息素诱捕器引诱雄虫，让诱来的雄虫沾染病毒、原生动物，或接触化学不育剂后返回田间，上述雄虫通过与田间正常雌虫交配而使病毒蔓延，导致整个种群产生流行病，或接触化学不育剂的雄虫，通过交配使雌虫产生的子代不育而达到防治目的。采用信息素和生物农药相组合的技术发挥了二者的长处，是目前发展的一个重要方面。此外，在利用设置含聚集信息素的诱捕器大量诱杀雌雄蠹虫，或在树干上涂布有聚集信息素的粘胶大量诱杀成虫，采用标迹信息素和化学农药相结合防治家蚁和白蚁，混合施用蚜虫告警信息素和杀虫剂等方面的应用研究都在不同程度上取得了令人满意的结果。近30年来，我国在昆虫性信息素的化学合成、应用技术研究和推广应用上取得了几十项研究成果和专利。

然而真正使我国科学家感到兴趣的问题并不单纯在于这些昆虫信息素的化学结构，而是它如何在分子水平上起作用，又怎样发挥出它的巨大生物效应。这个问题至今还没有真正的答案！近十几年来，我国昆虫学家、生理学家和化学家都围绕着昆虫的行为、化学感受器的结构、化学感受器神经与分子水平上的化学感受作用，来探索化学信息和昆虫的感觉细胞间的神秘关系。这类对昆虫嗅觉机理研究的本身就带有普遍性的深远意义，是生物学科领域内的重大基础问题。

使我国生物学家和遗传学家对昆虫信息素交配通讯系统深感兴趣的另一个方面：它是研究物种进化的最好题材之一。物种形成的最终必须包含“生殖隔离的发展致使在亲缘种群间基因流动上建立起固有的障碍”。在多数情况下，首先应涉及特殊的交配识别系统。尽管有机体间最原始的化学信息通讯手段无遗迹记录下来，但仍然可通过研究亲缘种间的信息素和个体间存在的差异，以及使用腺体体外培养、信息素同位素标记、昆虫信息素生物合成激活神经肽等技术来研究亲缘种间的信息素通讯系统的进化，来回答作为交配识别系统的昆虫信息素是如何参与物种形成的过程。我国科学家与瑞典等国科学家合作，对昆虫信息素通讯系统的进化进行了探索性的研究，发现了苹果巢蛾属内性信息素通讯系统的瓶颈效应，研究论文刊登于期刊*Nature*上。

参考文献

杜家纬编著：《昆虫信息素及其应用》，北京：中国林业出版社，1988。

杜家纬：《病虫测报》，1：33～38，1990。

Lofstedt, C., Herrebout, W. M. & Du, J. W.（杜家纬）：*Nature*，323：621～623，1986。

Du, J. W.（杜家纬）et al.：*Scientia Sinica*，30（9）：967，1987。

Du, J. W.（杜家纬）et al.：*J. Chem. Ecol.*，13（6）：1431，1987。

Huang, Y. P. et al.：*Entomologia Sinica*，4（2）：173～181，1997。

Huang, Y. P. et al.：*Entomologia Sinica*，3（2）：172～182，1996。

（杜家纬）

紫胶虫与紫胶研究［Studies on Lac Insect (*Laccifer lacca*) and Lac］

分类与学名　紫胶虫 *Laccifer lacca* Kerr 因能分泌紫胶而得名。它是昆虫纲同翅目胶介科的一种小型昆虫。它们密集地寄生

在一些特定植物的枝条上，不断地分泌紫色的胶状物，经日积月累，枝条上便凝结成粗厚的紫胶。紫胶在我国古籍中又记为紫梗。紫胶是民用和国防工业的重要原料，被广泛应用于电器、塑料、药物、油漆、印刷、造船和军工生产中。紫胶虫是南亚、东南亚的特有虫种，仅分布于北纬16°至32°之间的低山河谷区。

时代背景 20世纪50年代初，帝国主义国家对中、苏实行经济封锁，紫胶进口十分困难。据估计，当时我国年需进口约1 200吨，苏联则高达5 000吨之多。而当时我国年产紫胶不到100吨，苏联则无出产。中苏两国的紫胶来源十分吃紧，局势严峻。时值中国科学院刚完成组建，确立了“科学研究服务于国家工业、农业、国防建设、保健和人民的文化生活”的总方针，紫胶问题受到中科院的极大重视。1954年9月，适逢苏联政府建议中苏科学院联合进行紫胶合作调查，中国政府表示欢迎。中国科学院副院长竺可桢先后召集会议，专门商议有关紫胶合作调查问题，由此揭开了声势宏大的紫胶综合考察序幕。

考察经过 1955年3月8日，苏联科学院通讯院士、动物研究所所长、昆虫学家波波夫率苏联动植物研究所7位专家来华，其中有动物学家3人，植物学家4人。3月10日，中科院第10次院务常务会议做出决定，由竺可桢副院长、院长总顾问柯达夫（苏）、波波夫和中科院昆虫所所长陈世骧、研究员刘崇乐负责拟订中苏合作研究紫胶计划。该计划宣称此举的目的是为“扩大紫胶产区，增加紫胶产量，为中苏两国紫胶工业服务，并结合这一工作适当地进行动植物区系调查”。3月12日院常务会议批准了这项计划，遂由中苏科学院联合组成云南紫胶工作队开展工作。中方队长为刘崇乐。先后出任副队长的有中科院植物所副所长吴征镒、植物所昆明工作站主任蔡希陶、昆虫所副所长赵星三、综考会孙翼平、李文亮等人。参加单位除中科院昆虫所、植物所、动物所外，尚有中央和云南的农业部门、高等院校，共计30余家100多人。调查的地域以云南南部为主，远及四川、广东等地。在长达数年的调查中，1955年在云南景东建立了我国第一个紫胶工作站，欧炳荣任站长。1956年因中科院综考会成立，紫胶工作队改名为云南生物考察队。名称的改变标志着调查任务的扩大。1958年1月又改名为热带生物资源考察队。此举表明紫胶调查的野外工作基本结束，转入定点试验和技术推广阶段。当年秋冬，中科院决定在紫胶站的基础上组建昆明动物研究所。次年，原紫胶站的研究课题列入昆明动物所的科研计划。1962年5月，紫胶站独立建所，划归中国林业科学院，紫胶的研究仍继续进行。

科技成果 刘崇乐在总结1955～1957年紫胶调查与研究的科技成果时归纳了几个主要方面的成绩：1. 产区地理分布：紫胶主产区在云南，其地理位置是北纬20°30′至25°45′，东经97°50′至103°44′。产区包括8个地（州）33个县约占全省面积1/3以上。2. 产区自然条件：为滇南河流两侧的半山地带，海拔600～1 500 m；年均温17 ℃以上，有明显的旱季和雨季；土地pH范围5.5～7.0；自然景观包括盆地类型和低山热带稀树草原。3. 胶介虫的种类：计有*Laccifer*属和*Paratachardina*属的5个种，产胶治疗最佳者惟*Laccifer lacca*一种，应予全面推广。4. 寄主植物：云南计有寄主植物129种，分隶27科61属，其中以牛肋巴、秧青、泡火绳、三叶豆、大青树为主要种类。5. 紫胶生物学特性：云南紫胶虫每年有两个世代，即夏季世代和冬季世代；各世代幼虫发育与气候、光照有关。6. 紫胶虫天敌：包括两种小蜂和两种蛾类幼虫。7. 紫胶的理化性质：其主要成

分有紫胶树脂、紫胶染料和紫胶蜡；溶于酒精；粘合性和绝缘性强。不同寄主树所产紫胶有不同的含胶量。8. 紫胶虫的放养和加工技术：在民间经验总结和工作站试验基础上系统总结出选树、择时、选种、挂种、检查五大环节技术，另对采收、初加工等若干问题提出明确的要求。

紫胶调查研究的作用和影响 1955～1957 年的云南紫胶调查和研究是我国解放初期在中国科学院领导和组织下的一次大规模综合性的科学研究项目，它的意义和作用是十分重大的。其一是通过多部门、多学科的系统调查研究，全面查清了紫胶虫和寄主树的生物学特征和相关的环境因子，为紫胶产业的建立和发展提供了重要的科学依据。在上述基础上建立的人工放养，以及采收加工系列技术，为在农村山区迅速推广做出了重要的保证。60 年代初，我国紫胶产业在滇南建立，随即由云南扩展到我国南方八省(区)，产量由50 年代的百余吨提高到60 年代平均年产1 200 多吨，70 年代2 300 吨，1978 年仅云南一省就超过3 000 吨。此举不仅解决了我国紫胶欠缺的重大问题，且于70 年代开始出口，使我国紫胶生产跃居世界第三位，紫胶的研究和生产水平跨入世界先进行列。我国紫胶产业的构建和发展体现了“科学技术是第一生产力”的真谛。与此同时展开的云南生物资源调查，获得了丰富的第一手资料，从而奠定了云南“动物王国”、“植物王国”的地位，由此而受到国内外关注。生物资源的保护和开发利用成了云南社会、经济和科技教育的热点问题。其次，通过调查研究的开展，为当地培养了不少科技人才，建立了一批具有地方特色的研究机构，如中国林业科学院紫胶研究所(后改名为资源昆虫所)、中国科学院昆明动物所、昆明植物所等，为发展地方科技力量做出了历史性的贡献。作为紫胶考察队负责人的刘崇乐，在云南早期科技事业中有着重大影响，1958 年中国科学院云南分院成立之初，便出任副院长兼昆明动物研究所首任所长。

参考文献

薛攀臬等:《中国科学院生物学发展史事要览》,1993。

刘崇乐：紫胶研究的展开与成就，见:《昆虫学集刊》，北京：科学出版社，334～376，1959。

欧炳荣等：我国重要的昆虫资源——紫胶虫，《昆虫知识》，126～129，1960。

(苏承业)

脊椎动物学

(Vertebrate Zoology)

脊椎动物学是动物学的一个分支学科。其研究内容覆盖很广。在学科的发展过程中逐渐形成了许多研究领域，如形态学、比较解剖学、分类学、生理学、胚胎学、遗传学、生态学、行为学等。按照研究对象，分为鱼类学、两栖爬行动物学、鸟类学和兽类学。

脊椎动物学是一个历史悠久的学科。国外对脊椎动物进行研究最早可追溯到古希腊的亚里士多德(Aristotle，384～322 B. C.)。他曾经观察和记述了450 多种动物，其中包括多种脊椎动物。20 世纪是动物学发展最快的一个时期。随着遗传学、分子生物学等学科的发展，极大地促进了动物科学在分子水平上的研究工作。与此同时，脊椎动物学得到了进一步的发展，各个分支学科相继建立，尤其在脊椎动物的生理学、生态学、行为学和发育生物学等领域均有许多重大进展。20 世纪比较突出的成果主要有：赫胥黎(Huxley)于1940 年所提出的新系统学(New Systematics)；洛伦茨(Lorens)和廷伯根(Tinbergen)等于 50 年代对动物行为学

(Animal Behaviour) 的开创性研究；麦尔 (Mayr) 等对物种的生物学定义；亨尼希 (Hennig) 于 60 年代提出的分支系统学 (Cladistic Systematics) 理论；麦克阿瑟 (MacArther) 和威尔逊 (Wilson) 所创立的岛屿平衡理论等。20 世纪80 年代以后，脊椎动物学在继续注重基础理论研究的同时，对珍稀濒危物种和生物多样性的保护、经济动物的胚胎移植和克隆等应用领域给予了更多的关注。

20 世纪20～30 年代，我国脊椎动物学的研究工作才开始出现。早期的研究主要集中在资源的调查方面，例如朱元鼎、伍献文、陈兼善、张春霖对我国鱼类的分类和分布所开展的研究，方炳文、张孟闻、刘承钊对两栖类的研究，任国荣、傅桐生、常麟定、寿振黄、郑作新在鸟类和兽类所进行的调查等。在古生物学方面，1929 年12 月，裴文中在北京周口店龙骨山洞穴内首次发现了第一个北京 (猿) 人头盖骨及用火遗迹，对于探讨人类的起源和进化具有重要意义。此外，秉志从20 年代开始对江豚、虎、白鲸等多种动物进行了一系列解剖研究。朱洗以多种动物为材料，探讨了精子在发育中的作用和单性生殖问题。陈桢对金鱼的变异和品种形成规律进行了一系列的研究工作。

新中国成立以来，中国科学院先后建立了动物研究所、昆明动物研究所和西北高原生物研究所等研究机构。为了培养专业人才，国内许多高等学校开设了脊椎动物学课程，并相继出版了有关的教科书，如郝天和的《脊椎动物学》(1959，1964)、丁汉波的《脊椎动物学》(1985)、杨安峰的《脊椎动物学》(1992)，郑作新的《脊椎动物分类学》(1982)，马克勤、郑光美的《脊椎动物比较解剖学》(1985)，孙儒泳的《动物生态学原理》(1987)，李永材、黄溢明的《比较生理学》(1984) 等。

中国科学院等单位自50 年代起陆续组织开展了多次大规模的动物资源调查工作，陆续出版了各种志书，例如《中国经济动物志・鸟类》、《中国经济动物志・兽类》、《中国鲤科鱼类志》、《中国软骨鱼类志》、《中国动物图谱》等专著。1978 年，由郑作新等编的第一本《中国动物志》出版，即《中国动物志・鸟纲 (第四卷)・鸡形目》。迄今为止，已出版《中国动物志》脊椎动物部分10 多卷。

在行为生态学方面开展了很多工作，如对峨眉山藏猕猴 (*Macaca tibetana*) 社会行为和繁殖行为的研究，对金丝猴的社会结构、活动、食性、生殖和保护行为研究以及对大熊猫的觅食、交配和昼夜活动的研究等。在鸟类方面，我国学者对白鹇、褐马鸡、黄腹角雉、红腹锦鸡、斑尾榛鸡、丹顶鹤等鸟类的觅食、求偶、繁殖、领域、活动等行为开展了一系列的深入研究。此外，在有尾两栖类的反捕食行为、鼠类行为和化学通讯等方面也开展了一些工作。

在动物地理方面，郑作新、张荣祖综合鸟类和兽类的研究资料，提出了我国动物地理区划草案。1999 年，张荣祖发表了《中国动物地理》的专著，对我国陆栖脊椎动物的分布及其规律进行了系统深入的研究，在以往2 界、3 亚界、7 个区、19 个亚区的基础上，增划了54 个动物地理省。

在古生物学方面，我国先后在陕西发现了“蓝田人”化石，在安徽发现了“和县人”化石，以及其他不少代表不同阶段的古人类化石。张弥曼于1982 年用连续切片法，对采自云南早泥盆世地层中的总鳍鱼化石——杨氏鱼进行了研究，对总鳍鱼是四足动物祖先的传统学说提出了挑战。90 年代以来，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的侯连海等人在中生代鸟类的研究方面取得

了重大进展，先后发现了华夏鸟、孔子鸟、辽宁鸟和娇小辽西鸟等古鸟类化石。与此同时，中国地质博物馆的季强等人发现了中华鸟龙、原始祖鸟等具有“羽毛”的兽脚恐龙化石。这些发现在国内外引起了强烈反响，使人类对鸟类起源与演化的认识产生了革命性的变化。

在实验生物学方面，我国研究人员在国际上首创青、草、鲢、鳙等鱼的人工繁殖，解决了在湖泊放流和池塘养殖对种鱼的大量需要。在家鱼的人工排卵受精方面，钟麟、朱洗等先后使用了鱼脑垂体激素和由孕妇尿液中提取的绒毛膜促性腺激素进行人工催产受精取得了成功。1961 年，朱洗培育出了世界上第一只没有外祖父的蟾蜍。童第周等经过 10 多年的努力，利用他们建立并使用的鱼类细胞核移植技术，在世界上首次用细胞工程方法创造出鲤鲫移核鱼。中国科学院发育生物学研究所采用胚泡注射技术，于1987 年在中国首先成功地获得了嵌合兔，为兔胚胎干细胞的建立及转基因动物育种方面的工作提供了理论依据和技术基础。中国科学院遗传研究所于 1988 年开始进行胚胎四等分的实验研究，在中国首次获得四分胚奶牛犊，该项实验的成功使中国在奶牛胚胎分割生物工程领域取得重大突破。

在鱼类研究方面，近50 年来开展了一系列大规模的海区以及主要江河的动物区系调查，并出版了《黄渤海鱼类调查报告》、《东海鱼类志》、《南海鱼类志》、《南海诸岛海域鱼类志》、《中国软骨鱼类志》、《中国鲤科鱼类志》等专著。我国学者在软骨鱼类的形态解剖和鲤鱼解剖的形态学研究方面均具有很高的学术水平。在鱼类神经内分泌和免疫生理方面，开展了家鱼的人工繁殖中应用下丘脑促黄体素释放激素类似物（LHRHA）进行催产及其作用机理的研究，以及鱼类生长激素和胰岛素样生长因子-I 的生理功能的研究。朱作言等人通过对外源基因的转移、整合、表达、生物学效应以及外源基因的遗传等各个方面的研究建立了一个完整的转基因鱼模型。在鱼类生态学方面，结合海洋渔业发展的需要，先后对鲐鱼、大黄鱼、小黄鱼、带鱼、太平洋鲱鱼等经济鱼类的数量变动规律、洄游路线、生态习性、渔场形成条件、资源管理与增殖措施等进行了全面的研究，对渔业发展起着重要的推动作用。此外，曹文宣等于 1981 年探讨了裂腹鱼类的起源和演化与青藏高原隆起的关系，是一项富有创造性的成果。

在两栖爬行动物研究方面，刘承钊（1900～1976）是我国两栖爬行动物学的奠基人。他一生共发表了60 余篇论文，描述新种及新属 60 余个，完成了专著《华西两栖类》、《中国无尾两栖类》。1965 年，两栖爬行动物研究室在西南生物研究所（现中科院成都生物所）成立。1977 年，《中国爬行动物系统检索》出版。我国的许多省市相继编撰出版了两栖爬行动物志。1993 年，由赵尔宓、K. Edler 编写的《中国两栖爬行动物学》出版。1998 年，《中国动物志 · 爬行纲》和《中国濒危动物红皮书 · 两栖类和爬行类》相继问世。截止到 1998 年，我国学者命名的爬行动物种及亚种共有69 个。我国安徽的科研人员在规模化繁殖扬子鳄方面取得了突破性进展。近年来，在对两栖类和爬行类的研究中应用分支系统学和数值分类学的分析方法，使用电镜观察细胞亚显微结构、DNA 指纹分析等新技术，并尝试通过分子钟研究扬子鳄的进化时序，取得一定的成果。这表明我国的两栖爬行动物学研究已从传统的形态分类扩展到与微观的遗传学、细胞学和分子生物学相结合的多个领域。

在鸟类研究方面，20 世纪30 年代，我国

学者才开始鸟类学研究。寿振黄、任国荣、李象元、陆鼎恒、章德龄、常麟定、郑作新、傅桐生、霍仁生等报道了我国广西、云南、南京、浙江、河北、河南、福建、广东等地的鸟类区系。我国鸟类学的主要研究工作是在50年代以后开展的。郑作新是中国现代鸟类学的主要奠基人，在鸟类分类方面，提出了亚种形成的排挤说、亲缘种亚种分化的平行趋向、岛屿鸟类特有亚种的定向分化等新观点，其代表性著作为《中国鸟类区系纲要》(1987)。1978年以后，我国的鸟类学研究获得空前的发展。研究领域从以往的区系调查和个体生态扩展到鸟类的繁殖、能量代谢、迁徙、换羽、群落、行为等诸多方面，尤其是在中国珍稀濒危雉类和鹤类研究方面发表了很多高水平的论文。在鸟类发声机制的研究方面，蓝书成、左明雪等人对控制发声学习的神经核团的神经发生、发育以及发声行为的可塑性和调控机制进行了系统的研究，首次发现在鸟类经典听觉神经通路周围存在着与其相平行的旁听觉神经通路，提出了鸟类控制发声－听觉－内分泌轴系统学说。继《北京鸟类志》之后，贵州、浙江、黑龙江等十余省相继出版了各省区的鸟类志。自90年代以来，无线电遥测、声谱分析、分子生物学技术等新的研究手段已相继应用于鸟类学研究。目前，我国鸟类研究工作广泛采用数理统计、数学模型及计算机分析，使对结果的分析更加深入和具有客观性。地理信息系统（GIS)、全球卫星定位系统（GPS）以及DNA指纹图谱、PCR技术等新的研究手段也开始应用。

在兽类研究方面，20世纪20年代初广西大瑶山的哺乳动物考察应是我国兽类学研究的起始。然而在1949年以前，我国兽类学发展缓慢。新中国成立以后，兽类学研究重新得到重视。寿振黄是我国近代兽类学的奠基人。国内早期的兽类学研究，主要侧重于区系调查方面。50年代初期在全国范围内进行了兽类学区系调查，发表了许多新种、新亚种，建立了部分新属、新科。与农林生产、卫生防疫密切相关的小型啮齿类的研究是兽类生态学研究的主流。资源兽类如鹿科动物和毛皮兽的养殖研究开始受到重视。在哺乳动物的化学通讯，大熊猫、金丝猴、羚牛、麝、海南坡鹿等我国特有珍稀濒危兽类以及小型啮齿类的种群动态、生理生态方面开展了大量高水平的工作。一批兽类学研究专著相继问世，例如盛和林《哺乳动物学概论》(1985)、王祖望《鼠害治理的理论与实践》(1996)、盛和林《中国野生哺乳动物》(1998)等。一些省、市、自治区还出版了兽类志，一些经济兽类和珍稀濒危兽类的专著也相继问世。施立明于80年代初在麂属(*Muntiacus*)动物研究中，通过染色体的分带技术，首次提出串联融合是该属动物染色体的进化模式，从细胞遗传学角度提出了该属动物染色体进化和物种起源分化的可能途径。

参考文献

国家自然科学基金会:《自然科学发展学科战略调研报告·动物科学》，北京：科学出版社，1997。

夏武平：中国兽类生态学的进展，《兽类学报》，4（3)：223～238，1984。

郑光美：中国的鸟类生态学，见：《中国鸟类学研究》，北京：中国林业出版社，19～25，1996。

王培潮：两栖爬行动物生态学研究进展，见：《两栖爬行动物学研究（第3辑)》：119～124，1994。

Cheng，M. F. and Zuo，M. X.：Proposed pathways for vocal self-stimulation：metenkephalinergic projections linking the midbrain vocal nucleus，auditory responsive thalamic regions and neurosecretory hypothalamus. *J. Neurobiol.*，25：361，1994。

（郑光美）

鱼类学

(Ichthyology)

鱼类学是研究鱼类的分类区系、形态结构及相关生命活动规律的学科，涉及形态、分类、生理、生态、遗传和进化等方面。

作为人类的主要食物之一，人们对鱼类的认识始于区分种类。我国在春秋时代的《诗经》(距今约3 000年)中即已记录有鱼类的名称。明朝李时珍（1518～1593）的《本草纲目》记述药用鱼类49种。

在新中国成立之前，较早对我国鱼类进行研究的是西方学者。荷兰Bleeker于1871年记录我国鲤科鱼类34种，此后记录的种类不断增加。1928年，瑞典Rendahl记录我国鲤科鱼类139种，分列于9个亚科。对中国鱼类记录较全面的当推美国学者Nichols于1943年共记载我国淡水鱼类595种。

自1927年，我国学者开始发表鱼类学方面的学术论文。1930年，张春霖首次系统地记录长江流域的鲤科鱼类。林书颜对广东及邻近省的鲤科鱼类做了系统调查和整理，记录鲤科鱼类158种，分列于9个亚科。朱元鼎于1935年系统研究了鲤科鱼类的鳞片和下咽齿，在此基础上提出了我国鲤科鱼类系统分类的意见。方炳文则于1936年对我国的鲤亚科鱼类进行了较系统的整理。

我国鱼类学研究的发展主要是在新中国成立以后。在鱼类分类、区系、生态、细胞和分子生物学、组织胚胎学等方面展开广泛深入的研究。鱼类分类方面的研究成果主要体现在一系列的志书上。鱼类志可分为系统鱼类志和区域鱼类志两大类。系统鱼类志涉及中国的鲤科鱼类（伍献文等，张春霖）、鲇形目鱼类（张春霖）、软骨鱼类（朱元鼎）、全国鱼类的系统检索（成庆泰、郑葆珊）或涉及我国的主要经济淡水鱼类（伍献文等）。

区域鱼类志则是详细地记录某一行政区域或自然地理区域内鱼类的组成，并探讨其起源和演化。海洋区域鱼类志涉及南海、东海等区域的鱼类(中国科学院动物研究所等，朱元鼎等)；陆地区域鱼类志涉及云南（褚新洛、陈银瑞等）、四川（丁瑞华）、福建（朱元鼎）、海南（朱元鼎）、广东（潘炯华）、台湾（沈世杰）和西藏（武云飞等）等省区的鱼类以及长江（湖北省水产研究所等）和珠江（郑慈英等）等流域。

有关鱼类资源的科学考察活动也是鱼类分类区系研究的内容。解放后我国组织的大型科学考察有中国科学院组织的青藏高原生物资源科学考察，鱼类是这次大型科考的主要对象之一。其他的鱼类资源考察有云南鱼类资源考察等。

随着分类区系研究的深入，鱼类系统发育的研究在80年代早期得以迅速发展，基本围绕属间至科间或属下种间关系展开研究。伍献文等于1981年建立了鲤形目鱼类的系统发育关系。陈宜瑜于1980年系统研究了平鳍鳅科鱼类的系统分类和系统发育关系。陈湘粦等于1984年探讨了鲤科下的宗系划分和谱系关系。陈景星等于1984年建立了鳅科鱼类亚科间的谱系关系。褚新洛于1979年对鮡类的系统发育及其对急流生活环境的适应做了深入的探讨。曹文宣等于1981年探讨了裂腹鱼类的演化与青藏高原隆起的关系。武云飞于1984年则重建了裂腹鱼类的系统发育。属下种间系统发育关系的研究则主要集中于鲤科的白鱼属(*Anabarilius*)(杨君兴、褚新洛)、倒刺属（*Spinibarbus*）(杨君兴、陈银瑞)、角鱼属（*Epalzeorhynchos*）(Yang and Winterbotom)，鲇形目的褶鮡属（褚新洛）。

我国鱼类生态学研究主要集中于经济鱼类，如淡水鱼类的青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼、

鲤鱼（伍献文等，湖北省水产研究所等）和部分湖泊特有鱼类（杨君兴、陈银瑞）。

余先觉等于1989年对我国淡水鱼类细胞核型进行了深入的研究，共记录了170种鱼类的染色体组成，并探讨了核型与鱼类系统分类之间的关系。1985年，昝瑞光等和桂建芳等则提出染色体多倍化是我国淡水鱼类核型演化的主要方式之一，同时也是一些鱼类种间强烈分化的主要内因。

在胚胎学方面，童第周在鱼类细胞核和细胞质关系的研究中取得了新的突破，提出细胞核与细胞质之间不是完全独立的，而是密切关联的；在构造上它们可以相互沟通，在功能上它们可以相互激发和抑制；并且将核质关系的理论用于指导鱼类的遗传育种。

教学类专著在知识传播、人才培育和推动我国鱼类学研究的发展等方面起着十分重要的作用。这方面的代表性著作有：王以康的《鱼类分类学》(1958) 和孟庆闻等的《鱼类分类学》(1995)、上海水产学院编著的《鱼类学》(1961)、秉志的《鲤鱼解剖》(1960) 和孟庆闻等的《鱼类比较解剖》(1987)。

随着国际上分子生物学的快速发展，分子生物学方法与传统方法的结合将是动物学未来发展的主要方向。最有前景的研究领域有：(1) 特有鱼类的系统发育与区域地理历史之间关系的研究；(2) 形态和分子方法相互结合的系统发育重建；(3) 系统发育与生态、行为特征的起源和演化；(4) 系统发育与个体发育的关系研究。

参考文献

Tchang, T. L.: Contribution a etude morphologique, biologique et texinomique des Cyprinides du bassin du Yangtze. *Thes. Univ. Paris*, 209: 1～171, 1930。

伍献文等：《中国鲤科鱼类志》上卷，上海：科学技术出版社，1964。

童第周：从胚胎发育看细胞核和细胞质的功能，《科学通报》，1964。

（杨君兴）

两栖爬行动物学

(Herpetology)

两栖爬行动物学是研究两栖动物和爬行动物的分类、分布、进化及保护等的科学，属于脊椎动物学的一个分支。

每个动物类群的研究都是从野外采集、标本鉴定和物种描述开始的。虽然我国早在2 500年前的《诗经》和《山海经》中就有了两栖动物和爬行动物的记载，明朝的李时珍还按自己的系统进行了分类，但我国两栖爬行动物的大规模考察采集，是在19世纪国门被打破以后由外国的博物学家进行的，这其中有英国人、法国人、俄国人、德国人等。到19世纪末，他们先后在我国发现并描述上百个新种。外国学者在我国的活动直到1940年前后才基本结束。

我国现代两栖爬行动物学研究的先驱当推张孟闻和刘承钊。张孟闻是我国老一辈动物学家秉志的学生，1935年在巴黎大学获博士学位，他不但发表了许多两栖爬行动物方面的研究成果，并培养了许多著名的两栖爬行动物学家如胡步青、赵肯堂等。刘承钊毕业于燕京大学，留校任教后在美籍教授博爱理 (Boring) 的指导下从事两栖动物研究，1934年在美国康奈尔大学获博士学位。刘承钊一生最大的贡献是发现了部分无尾两栖类所具有的雄性第二性征——雄性线，描述了新属和新种60余个，其著作 *Amphibians of Western China* (1950) 和《中国无尾两栖类》(1961) 是我国两栖爬行动物学界的经典文献。刘承钊的学生或在他的指导下从事两

栖爬行动物学研究的学者中，他的夫人胡淑琴及赵尔宓、田婉淑、杨大同等，都是我国著名的两栖爬行动物学家。

建国以后，我国进行了大规模的生物家底调查，两栖爬行动物的调查也是如火如荼。文化大革命以前的这段时期，是我国两栖爬行动物研究的第一个黄金时期，以省或一些地区如海南岛、大瑶山、西双版纳、横断山等两栖爬行动物特别丰富的地区为对象进行了大规模考察，采集到大批标本，其中发现了许多新亚科、新属、新种。另外也开展了一些类群或物种的生态、繁殖习性等研究。伴随着大批论文的发表，一批年轻的两栖爬行动物研究者成长起来，成为两栖爬行动物学研究的中坚力量。刘承钊夫妇合著的《中国无尾两栖类》当是这一时期的杰作。一些地方志也在这一时期出版，如胡步青等编著的《浙江蛇类志》（1959）和张孟闻等编著的《黑龙江省爬行动物志》（1961）。

文化大革命使我国两栖爬行动物研究前进的脚步戛然而止，直到1978 年科学的春天来临，两栖爬行动物研究重新起步，并逐步达到了第二个黄金时期。中国科学院成都生物研究所编辑出版的《两栖爬行动物学研究》逐步完善并于1982 年成为正规期刊《两栖爬行动物学报》，这是我国第一份两栖爬行动物研究专刊。1982 年，全国两栖爬行动物工作者聚会成都，成立了自己的组织——中国两栖爬行动物学会，胡淑琴任理事长，丁汉波、赵尔宓为副理事长，后者兼任秘书长。1985 年在广州，1988 年在日本京都，学会与日本两栖爬行动物学会共同组织了两次学术讨论会。这两次会议极大地促进了我国两栖爬行动物的研究，除分类、区系等传统研究外，还开展了胚胎学、解剖学、细胞学、生态学、行为学、古生物学、系统发育学、生理学、生物化学、分子生物学、蛇伤防治、保护生物学和经济动物养殖等多方面研究。与国外同行的交流也相继展开，一批学者走出国门深造或进行合作研究，逐步树立了我国两栖爬行动物研究在国际上的影响。这一时期出版的专著和论文数不胜数，较重要的有胡淑琴等编著的《西藏两栖爬行动物》（1987）、陈壁辉等编著的《扬子鳄》（1985）、田婉淑等编著的《中国两栖爬行动物鉴定手册》（1986）、伍律等编著的《贵州两栖类志》（1988）、《贵州爬行类志》（1985）、赵尔宓等编著的《中国有尾两栖动物的研究》（1984）等。

1988 年《两栖爬行动物学报》因故停刊，但这并没有使我国两栖爬行动物研究裹足不前。1990 年刘承钊诞辰90 周年，由赵尔宓主持进行了纪念活动，并出版了《从水到陆——刘承钊教授诞辰九十周年纪念文集》；1992年，由赵尔宓创办的“中国蛇蛙研究会”主持召开了“中国黄山国际两栖爬行动物学学术会议”，并出版了论文集；各种地方志和省志也陆续出版。我国学者还紧追国际发展潮流，相继开展了分子系统学、隔离分化生物地理学等新兴学科的研究。较有影响的著作有杨大同编著的 *Phylogenetic systematics of the Amolops group of ranid frogs of Southeastern Asia and the Greater Sunda Islands*（1991）及主编的《云南两栖类志》（1991），赵尔宓等编著的 *Herpetology of China*（1993），赵尔宓、杨大同主编的《横断山区两栖爬行动物》（1997），赵尔宓主编的《中国濒危动物红皮书——两栖类和爬行类》（1998）等。由张孟闻等编著的《中国动物志·爬行纲（第一卷）·总论、龟鳖目、鳄形目》（1998）、赵尔宓等编著的《中国动物志·爬行纲（第二卷）·有鳞目·蜥蜴亚目》（1998）、《中国动物志·爬行纲（第三卷）·有鳞目·蛇亚目》（1998）也在世纪末

相继出版，完成了几代人的心愿。《中国两栖类志》已经编撰完毕，即将出版。目前，我国两栖爬行动物学研究形成了以中国科学院成都生物研究所、昆明动物研究所以及南京师范大学等为中心、全国各高校竞相参与的格局；一大批年轻学者崭露头角，正逐步担当重任。

21世纪的两栖爬行动物学研究，将以系统发育和进化为主线，开展多学科综合研究，而特有、重要、濒危物种或类群的行为生态及保护生物学研究是重要方向。

参考文献

张孟闻：爬行纲动物的研究简史，《动物学研究》，2（2）：87～103，1981。

Zhao，Er mi and Kraig，Adler：*Herpetology of China*，Oxford（USA）：Published by Society for the Study of amphibians and reptiles in Cooperation with Chinese Society for the Study of Amphibians and Reptiles，1993。

赵尔宓，赵惠：《中国两栖爬行动物学文献》，成都：成都科技大学出版社，1994。

（吕顺清）

鸟类学

(Ornithology)

鸟类学是研究鸟类的科学，是动物学的一个分支学科。鸟类（Aves）是体表被覆羽毛，前肢变成翼，恒温，卵生的高等脊椎动物。由于鸟类的新陈代谢旺盛，大多数种类具有飞翔能力，能够迅速地寻觅适宜的栖息地或躲避敌害及恶劣自然条件的威胁，因而鸟类是陆生脊椎动物中分布最为广泛、种类最多的一个类群。人类的生存和发展与鸟类有着密切的关系，自古以来人们对鸟类就有所观察研究。

近代中国鸟类学史，自清朝至鸦片战争（1644～1840）这一时期我国几乎没有鸟类学方面的文献记述，而国外依据中国商贸输出的鸟类（活鸟或标本）和有关知识对中国鸟类有所记载。日本的仲村惕斉（Kinmozui）著有《训蒙图汇》（1866）记述中国禽鸟68种；林奈（Linnaeus）在《自然系统》第10版（1758）中，用双名制拉丁文鉴定来自中国的鸟类；格梅林（Gmelin）在《自然系统》第13版（1789）中又补充了一些中国的鸟类，先后约计20种。这是中国鸟类以拉丁文鉴定学名的开端。西方人最早进入中国进行野生鸟类调查的是穆尔克罗夫（W. Moorecroft）于1812年来我国西藏西部的玛法木错湖（Lake Mamasarowan）地区考察鸟类及地理景观。鸦片战争以后外国人来华考察采集鸟类标本者为数甚多，他们的足迹遍及全国各地，大量的标本收藏在英、美、法等国的博物馆及其他机构中。1863年，施温霍（R. Swinhoe）发表了第一个《中国鸟类名录》列有454种，并于1871年提出增订名录，达到675种。这是运用林奈的分类学方法系统研究中国鸟类的开始。在1917～1931年，祁天锡（N. G. Gee）、莫维特（L. I. Moffett）、万卓志（G. D. Wilder）等在华北、华东一带采集考察，于1926～1927年出版了《中国鸟类名录试编》（*A Tentative List of Chinese Birds*），祁天锡又于1931年提出修订本。1948年由中国北京自然历史学会再版的《中国鸟类》（*Chinese Birds*），共记录中国鸟类1 031种。由鸦片战争至新中国的建立（1840～1949）期间，我国的鸟类考察和著述，大都操纵于外国人的手中。由中国学者自己撰写的中国鸟类的科学研究论文，始于20年代的中期，较有充实内容的报道及鸟类区系方面的研究，当推我国近代鸟类学研究的先驱寿振黄在福建、山东、四川、浙江、河北、青岛，任国荣在广西、广东、贵州、云南，李象元在华北，章德龄在南京，常麟定在广西、

河南、安徽，郑作新在福建，傅桐生在河南，霍仁生在广东等地进行调查研究所发表的论著。

郑作新为中国科学院院士，是中国现代鸟类学的奠基人。他从事鸟类学研究达60余年，早在1947年，他依据调查研究和前人的资料对祁天锡等编著的《中国鸟类名录试编(修订本)》做了大幅度的种类增删及种名的定证，出版了*Checklist of Chinese Birds*，内列全国鸟388属，1 087种，另912亚种。这一著作可视为中国近代鸟类学研究的总结及中国现代鸟类学研究的开篇。

在1949～1999年新中国建立50周年的历程中，中国鸟类学的研究有了很大的发展。中国科学院所属的生物或动物研究所和大专院校的生物学系中都有从事鸟类学研究的科技人员，培养了一大批宏观或微观方面研究鸟类学的专门人才，形成有一定规模和较高水平的科研力量。所取得的主要成就分述如下。

中国鸟类的野外调查和分类区系研究

新中国成立以后国家十分重视自然资源的调查研究工作，中国科学院成立了自然资源综合考察委员会。1955～1958年组织了中苏合作的云南南部热带生物资源的综合考察，1959～1961年组织了四川西部和云南西北部边区的南水北调综合考察，1956～1967年和1963～1977年组织了青藏高原的综合考察，1981～1985年组织了川西、滇西北及藏东南横断山区的综合考察。除上述大规模多学科的综合考察活动之外，科学院所属的动物或生物研究所，各大学生物学系和林业管理保护部门普遍开展了动物资源分布状况的调查活动。鸟类的调查工作遍及全国各省区以至南沙和西沙群岛，收集了大量的鸟类标本和有关资料，基本查清了中国鸟类的区系组成，先后发表了大量的鸟类分类和区系调查研究论文和专著。依据全国各地调查研究的结果，郑作新在1976年出版的《中国鸟类分布名录》(第二版)的基础上进行种类的增删修改，于1987年出版了《中国鸟类区系纲要》，又于1994年出版了《中国鸟类种和亚种分类名录大全》，记录中国鸟类1 244种，另944亚种，隶属81科(另4亚科)，21目。70年代开始郑作新先生主持和组织《中国动物志·鸟纲》共14卷的编写。至1999年已出版8卷，其他卷册正在出版或编写中。反映各省区鸟类物种多样性及其资源状况的地方性鸟类志书，也陆续出版。现已出版的有《新疆南部的鸟兽》(钱燕文等，1965)，《秦岭鸟类志》(郑作新等，1973)，《高黎贡山地区脊椎动物考察报告·鸟类》(昆明动物研究所鸟类组，1980)，《海南岛的鸟兽》(广东昆虫研究所动物室、中山大学生物学系，1983)，《西藏鸟类志》(郑作新等，1983)，《贵州鸟类志》(吴至康等，1986)，《台湾水鸟》、《台湾陆鸟》和《台湾鸟类彩色图鉴》(张万福，1983，1985，1993)，《台湾的野生鸟类：I. 留鸟，II. 候鸟》(颜重威，1984)，《长白山鸟类》(傅桐生等，1984；赵正阶，1985)，《北京鸟类志》(蔡其侃，1987)，《黑龙江省鸟类志》(黑龙江省野生动物研究所，1992)，《辽宁动物志·鸟类》(黄沐朋，1989)，《宁夏脊椎动物志·鸟类》(王香亭等，1990)，《甘肃脊椎动物志》(王香亭等，1991)，《新疆脊椎动物简志》(袁国映，1990)，《浙江动物志·鸟类》(诸葛阳等，1990)，《云南鸟类志》(杨岚等，1995)，《横断山区鸟类》(唐瞻珠等，1996)。另外为了观鸟、赏鸟、鸟类保护及商贸鉴定识别鸟类而出版的书有*The Birds of China*(De Schauensee，1984)，*Birds in China*(许维枢，1989)，《中国的猛禽》(许维枢，1995)，《中国鸟类图鉴》(钱燕文等，1995)，《中国野生鸟类图鉴》(颜重威等，1996)，

《四川鸟类原色图鉴》(李桂垣等，1993)等。这些书籍的出版，标志着中国鸟类的野外调查、分类识别、地理分布和区系组成的研究已达到较高的水平，在国际上引起了相当的重视。

中国鸟类地理区划的研究 郑作新等依据中国自然地理和鸟类区划的原则，将中国鸟类的地理区划归属为古北界和东洋界。古北界(Palearctic Realm)在我国境内包括从喜马拉雅山脉和秦岭山脉以北地区。分为三个亚界：I. 东亚亚界，包括东北和华北及新疆北隅阿尔泰山的一部分。分为东北和华北两个I级区：(1)东北区，包括北部的大、小兴安岭，东部的长白山，西部松花江和辽河一带的山麓平原及新疆北部的阿尔泰山山地。本区分为大兴安岭(附阿尔泰山区)、长白山和松辽平原3个亚区。(2)华北区，本区北临东北区和蒙新区、南抵秦岭、淮河，西起西倾山，东抵渤海和黄海，包括西部的黄土高原及东部的黄淮平原。分为黄淮平原和黄土高原两个亚区。

Ⅱ. 草漠亚界：包括大兴安岭以西，青藏高原和华北以北的广大草原和荒漠地区。本亚界在我国境内只有1个I级区，即蒙新区。蒙新区分为东部草原亚区、西部荒漠亚区和天山山地亚区。

Ⅲ. 中亚亚界：在我国境内包括青海、西藏以及四川西部。东至横断山脉的北端，南至喜马拉雅山脉，北至昆仑山、阿尔金山各山脉所围绕的青藏高原。本亚界在我国境内仅有青藏区1个I级区。青藏区分为羌塘高原亚区、青海藏南亚区。

东洋界(Orientah Realm)为喜马拉雅山脉和秦岭以南的广大地区，均属中印亚界。中印亚界在亚洲的东南部，在我国境内包括从秦岭和淮河流域以南的大陆以及台湾岛、海南岛和南海诸岛。分为西南区、华中区和华南区3个I级区：(1)西南区分为西南山地亚区和喜马拉雅东南坡亚区。(2)华中区分为东部丘陵平原亚区和西部山地高原亚区。(3)华南区分为闽广沿海亚区、滇南山地亚区、海南亚区、台湾亚区和南海诸岛亚区。

中国鸟类生态学研究 中国鸟类生态学研究起步较晚，近20年来在国家改革开放的形势下，国际上对珍稀濒危鸟类的生态学研究十分重视，促进了我国鸟类生态学研究的发展。郑光美于1996年在《中国鸟类学研究》发表的“中国的鸟类生态学”一文，对1995年以前发表的有关中国鸟类生态学研究的论文(计571篇)进行分析，评述了有关鸟类的生态分布、食性与捕食作用、繁殖、越冬、能量代谢、生长、迁徙与环志、换羽、种群结构与动态、群落、栖息地选择、行为等领域的研究进展，并且列出各研究领域所发表的论文数占所收集文献总数的百分比：生态分布16篇占2.8%，食性及捕食61篇占11.2%，繁殖273篇占47.8%，饲养繁殖37篇占6.5%，越冬51篇占9.0%，迁徙与环志18篇占3.2%，能量代谢16篇占2.8%，生长16篇占2.8%，换羽9篇占1.6%，种群结构与动态41篇占7.2%，群落17篇占3.0%，栖息地选择6篇占1.1%，行为30篇占5.3%，分子生态2篇占0.2%。研究所涉及的鸟类达309种，约占全国记录鸟类1 244种的25%，其中以鹳形目、鸡形目和鹤形目鸟类的研究较为深入。在各研究领域中以野生鸟类繁殖习性的观察研究发表的论文最多，积累了大量的鸟类个体繁殖的生态资料，其中如白额鹱、黑嘴松鸡、斑尾榛鸡、黄腹角雉、红腹角雉、血雉、绿尾虹雉、褐马鸡、白鹇、白冠长尾雉、白颈长尾雉、白腹锦鸡、红腹锦鸡、灰孔雀雉、黑颈鹤、丹顶鹤、白枕鹤、黑嘴鸥等珍稀濒危种类和经济资源种类的野生鸟类繁殖生态资料的研究，为物种保护及合

理开发利用提供了科学依据。近20多年来驯养繁殖成功的种类有朱鹮、黄腹角雉、绿尾虹雉、白颈长尾雉、白鹇、褐马鸡、红腹锦鸡、白腹锦鸡、海南山鹧鸪、灰孔雀雉、东方白鹳、黑颈鹤、丹顶鹤、大紫胸鹦鹉等，这对珍稀濒危物种的保护及永续利用做出了重大的贡献。

中国鸟类学的研究除取得上述成就之外，应用细胞学和分子生物学的研究技术探讨鸟类物种分化及其系统发育方面，也取得一定的成果。

参考文献

郑作新:《中国鸟类区系纲要》，北京：科学出版社，1987。

卢汰春:《中国珍稀濒危野生鸡类》，福州：福建科学技术出版社，1991。

郑作新:《中国鸟类种和亚种分类名录大全》，北京：科学出版社，1994。

郑光美，王岐山:《中国濒危动物红皮书——鸟类》，北京：科学出版社，1998。

（杨 岚）

系统兽类学

(Systematic Mammalogy)

系统兽类学或称哺乳动物分类学(Mammal taxonomy)，是专门研究哺乳类物种区域地理分布规律、种间亲缘关系和建立其自然系统的兽类学(Mammalogy)分支。它是继分类学发展历史的早期阶段——地区性动物区系研究及被称为“分类学之父（始祖)”林奈的《自然系统》(*Systema naturae*)发表（1758）之后，又经历过“经验主义”、“达尔文主义”、“种群分类”到“现代分类”等渐进时期，随传统系统学到现代系统学原理与研究方法的不断改进、完善而发展起来的。其研究领域和对象包括哺乳动物的形态、分类、区系、起源、进化、分布、区划、行为、生态、解剖、利用、保护及其与人类关系等的综合。

中国系统兽类学研究始于18世纪60年代初，并经历了到20世纪30年代中期的漫长起步过程。这一时期的工作主要由国外传教士、旅行家、探险队、考察团和国内石声汉、何锡瑞等有关先驱者（或考察队）先后进行过的零星标本采集与区系调查所体现。考察区域涉及云南南部、西部、西北部，四川，西藏南部，海南，广西瑶山，中国东南沿海及东北等部分省区；研究结果多散刊于国内外杂志。这一时期的代表性研究论著主要有《解剖学与动物研究》(*Anatomical and zoological researches*)，《中国哺乳类丛书》，*Mammals of the Kelley-Riisevelts and Delacour Asiaric expeditions*，《中蒙哺乳类》(*The mammals of China and Mongolia*)，*Mammals collected by the vernay-cutting Burma expedition*. *Papers on Mammals*，《古北区和印度地区哺乳动物分布名录》(*Checklist of Palaearctic and Indian mammals*)，海南岛的鹿类动物［On the cervine animals of the island of Hainan (China)]，海南哺乳类(On the mammals of Hainan)，中国南部的小型哺乳类(On some small mammals from south China)，中国海南岛的哺乳类(Mammals from the island of Hainan ，China)等。此期共记录分布于中国的哺乳动物200余种。而到20世纪30年代末至40年代期间因战争等历史原因，致使中国系统兽类学的考察研究工作几乎处于空白。

1949～1999年的50年中，在新中国政府的指示、中国科学院的领导和众多专家学者的共同努力下，使中国系统兽类学研究得到了重新恢复并有了较快、较全面的发展。按其广度、深度、学科水平和方法手段大致划分为3个阶段：

(1) 恢复重建阶段 (1950～1965)。前辈寿振黄、彭鸿绶、夏武平等开始组织恢复中国系统兽类学研究工作及其研究队伍的建设。分别由张荣祖、汪松、高耀亭、陆长坤、寿振黄、彭鸿绶、夏武平、李致祥等率领的考察团 (队) 以及大专院校生物学系师生在全国范围内进行的有选择性的关于现生哺乳动物的标本采集和考察研究。重点开展了云南东南缘及西部、西双版纳、广西、海南岛、四川、青岛、甘肃、新疆南部、东北和"南水北调工程"的哺乳类物种调查与区系研究。发表了一系列调查报告和研究论著, 如"云南东南缘兽类动物地理学特征的初步考察", "桂西南缘兽类区系概貌","东北兽类调查报告", "云南西双版纳兽类调查报告", "广西西南和西部兽类的研究", "四川西南和云南西北部兽类的分类研究", "青海甘肃兽类调查报告", "云南西部临沧地区兽类的研究", "新疆南部的鸟兽", "中国毛皮兽的地理分布",《中国经济动物志·兽类》, "海南岛的兽类调查", "皖南陆生哺乳动物的区系组成及经济意义", 以及小型兽类的生态学研究等。这些资料的积累和学术专著的出版, 以及大量分类研究论文的发表, 是对中国系统兽类学研究恢复和队伍重建阶段的较全面总结, 并使记录的中国的哺乳动物种数增加到400 多种。

(2) 受阻停顿阶段 (1966～1976) 即"十年动乱" 时期。哺乳动物分类学研究工作的进程与发展受到严重影响和阻碍, 几乎处于停顿状态。此期的野外研究基本上只有中国科学院综考队的"青藏高原考察" (1973～1976) 以及中国科学院昆明动物研究所的"高黎贡山地区兽类动物考察" (1972～1976)。考察目的主要是兽类标本的积累。室内工作是着手组织撰写全国兽类志、省(区) 兽类志, 发表和出版的论著极少, 主要有"中国仓鼠亚科小志"、"珠穆朗玛峰地区鸟类和哺乳类的区系调查" 和《拉汉兽类名称》等。总体进展缓慢, 形成与国外同期系统兽类学研究的较大差距。

(3) 纵横发展阶段 (1977～1999)。这是中国系统兽类学研究与发展突飞猛进并取得辉煌成就的22 年。可谓纵向有深度和新的发展, 横向有广度和学科交叉。特别是1980 年中国兽类学会在大连成立以后, 经过先后在昆明 (1981)、合肥 (1983)、南宁 (1986; 1995)、怀柔 (1988)、哈尔滨 (1991)、上海(1992)、南京 (1993)、成都 (1995) 等地召开了 "第一届灵长类学术讨论会"、"全国兽类学术讨论会"、"中日兽类学学术讨论会"、"亚洲太平洋地区兽类学学术讨论会"、"第二届东亚熊类学学术讨论会"、"中日鹿类动物国际学术讨论会"、"白鳍豚保护评估研讨会"、"第二届中国灵长类学术讨论会" 和 "中国兽类学会成立15 周年全国兽类学讨论会" 等国内国际学术研讨会。这些学术活动对中国系统兽类学研究和兽类物种多样性保护起到了积极的推动作用。研究队伍发展到数百人。学科研究领域包括形态 (含功能形态)、分类、区系、生态、行为、保护 (就地和迁地)、驯养繁殖、引种试验、兽类动物地理等, 研究对象与涉及面含现生、古生、陆栖、水栖及与农、林、牧和卫生防疫等有关的工作; 野外考察范围遍及大陆和海岛的各类自然地带与多样环境。研究方法上有了较大发展,即在传统分类学方法基础上除吸收、采用了支序分类学(cladistic taxonomy)和数值分类学 (numerical taxonomy) 方法的实用精髓部分外, 还引入了由综合分类学 (synthetic taxonomy) 或称折衷分类学 (eclectic taxonomy) 方法, 在动物学领域发展形成现代系统动物学 (systematic zoology) 方法。研究手段也在不断改进与更

新，那就是无论“种级”、“种上”还是“种下”分类的科学依据越来越趋向多样化。如采用外部形态、体内结构、生殖方式、染色体核型、食性与习性、区域分布等进行综合探讨“物种”或“类群”间亲缘关系的远近程度。在具体分类处理中仍遵循“相同”、“相似”或“差异”等生物的固有属性，即种级阶元的确定依据“繁殖单元”个体间生物学特性的“相同性”；种上阶元的划分根据“物种群”群体间生物学特性的“相似性”，而种下阶元区分则是按地理种群间的“显著性差异”。同时还运用了计算机处理和分子分析（molecular analysis）等新的研究技术。

此阶段在国内外相关刊物发表了数千篇颇有价值和学术意义的研究论文（其中不少被“SCI”收录和多次引用），在知名出版机构出版了数十部带区域性总结的高水平学术专著和有引导性的专题研讨会文集。迄今，分类报道了中国哺乳动物597种，另566亚种。近50年，共发现、命名近100个中国兽类新种和新亚种，考察采集到种和亚种新记录150余个，这些数据表明中国哺乳动物的高度物种多样性特征。

正是由于中国系统兽类学科在20世纪（尤其是后20余年）的不断发展和研究方法、手段的有效改进与技术更新，以致结出了上述丰硕成果。特别是在大量兽类动物标本的积累与收藏、区域兽类志书的出版、拯救大熊猫及重要珍稀兽种的保护、滇金丝猴的再度发现和人工繁殖、峨眉山藏猕猴的行为学观察、麂类动物和猕猴属的系统分类、长臂猿的野外考察和中国起源学说的提出、麋鹿的回引养殖、海南坡鹿的生态学研究，以及动物地理区划等方面取得了突破性进展。

中国系统兽类学的未来重点是：在20世纪工作基础上加紧哺乳动物多样性编目。在动物地理区划分问题上进一步探讨“东洋界”和“古北界”的分界线究竟是在南移还是在北推及确定在哪一地带。论证“青藏高原区”新动物地理区的划分能否得到哺乳类区系研究结果的支持。哺乳动物区系形成是基于“类群起源中心和物种扩散的模式”或是“隔离分化方式”。同时深入开展重要物种类群的自然保护监测，完善与国际接轨的保护数据库建设，以及加速后继人才的培养等。这些研究和工作必将对中国哺乳动物多样性的起源、演化、发展及资源的长远时空变动趋势有更全面的了解和认识，使学科在21世纪得到更加长足的发展。

参考文献

张荣祖：《中国自然地理·动物地理》，北京：科学出版社，1979。

张洁主编：《中国兽类生物学研究》，北京：中国林业出版社，1995。

马世来：中国哺乳动物多样性及其研究，见：宋延龄等主编：《物种多样性研究与保护》，杭州：浙江科学技术出版社，1998。

寿振黄主编：《中国经济动物志·兽类》，北京：科学出版社，1962。

Ho，H. J.（何锡瑞）：On some small mammals from south China，*Contrib. Biol. Lab. Sci. Soc. China，Zool. Ser.* Vol. 12，1936。

（马世来）

灵长类学

(Primatology)

灵长类学是动物学中以研究类群划分的学科，它是哺乳动物学中的一个分支学科，其研究对象是包括与人类亲缘关系密切而且具共同祖先的原猴类、猴类和类人猿等非人灵长类动物，隶属于哺乳纲的灵长目Primates。人类就是由这类动物中的古类人猿进化来的。由于人类的特殊地位和人类进化的特殊性，现已再分出一个特殊的分支学科——人

类学。

灵长类动物的重要性不仅在于它在灵长类系统发育和人类起源进化中的重要作用，还在于它在形态结构、器官功能、生活习性、行为和所患疾病等方面与人类十分相似，已广泛应用于人类医学的实验研究，成为代替人类进行疾病病因探索、免疫机制、行为、认知等研究的动物模型;猴头移植获得成功,为人类器官移植展示了新的前景。

20 世纪的50 年代以前,对我国现生灵长类的研究几乎都是西方学者进行的。美国学者艾伦（G. Allen）在《中国和蒙古的兽类》(1938）一书中列有我国现生灵长类3 科6 属11 种另 4 亚种（未包括台湾猴 *Macaca cyclopis*)。1956 年以后,我国科学家相继在我国南方开展了云南热带生物资源综合考察、广西西南部和海南岛的兽类考察，发现了一些灵长类的新记录。中国科学院昆明动物研究所、一些大专院校和动物园开展了猕猴、金丝猴和黑叶猴的驯养繁殖研究。1980 年中国兽类学会成立后，于1981 年在云南昆明召开了第一届中国灵长类学术讨论会，会议对我国现生灵长类的分类区系、资源、种群生态、解剖、行为、驯化、饲养、繁殖、实验动物、保护及古灵长类等方面进行了交流，这是我国灵长类工作者的第一次盛会。此后我国灵长类的研究进入了一个稳步发展的阶段，同时也引起了国际上的关注，并开展了一些国际间的合作。1990 年在昆明召开了国际灵长类保护学术讨论会。这是我国灵长类工作者与国际同行的一次主要针对我国灵长类保护的学术讨论会。1992 年中国兽类学会灵长类专家组成立，安徽大学生物学系王岐山任组长。1994 年开始不定期出版《中国灵长类研究通讯》，与国外20 多个国际动物保护组织交换灵长类研究信息。1995 年在国家基金委员会和中国科学院国际合作局的资助和支持下在广西南宁召开了第二次中国灵长类学术讨论会，并邀请越南灵长类学者与会，对我国和越南的灵长类现状和保护进行了交流。

灵长类的分类与分布研究 我国现生灵长类的分类自Swinhoe 于1862 年定名台湾猴*Macaca cyclopis* 以后，G. Allen 在其《中国和蒙古的兽类》(1938) 一书对我国现生灵长类的属、种进行了初步总结。1956 年以后，我国学者在云南、西藏、广西和海南岛等地开展了大规模的调查，共记录了8 个种的新记录（寿振黄，李致祥等，冯祚建等，全国强等,顾滨源）和新订了8 个新亚种(谭邦杰，马世来等，王应祥等，蒋学龙等）并对一些种和亚种进行了重新修订（李致祥等，彭燕章等,马世来等,蒋学龙等)。截至1999 年止，我国有记录的现生非人灵长类已有3 科6 属22 种31 亚种。在全球现生灵长类279 种中，中国灵长类占其种总数的10.2%，我国在世界灵长类物种最丰富的国家中排名第六，在亚洲仅次于印度尼西亚。

在我国灵长类的分类与进化研究中，有现代细胞学和分子生物学对这一学科领域的结合与渗透。70 年代以来，陈宜峰等对我国现生非人灵长类的染色体进行了许多研究并出版了《中国灵长类染色体》一书（1981），虽然作者对猕猴属（*Macaca*）核型研究结果的解释与形态分类学有所差异，但也揭示了猕猴属在细胞水平上的分化不明显；90 年代，刘瑞清等对白眉长臂猿（*Hylobates hoolock leuconedys*）和白颊长臂猿（*H. leucogenys*）核型和带型的比较研究为长臂猿属中*Bunopithecus* 亚属的确立和黑长臂猿的核型进化提供有力的佐证；张亚平等自1989 年以来运用现代分子生物学的技术,对蜂猴、猕猴、叶猴和长臂猿等进行了mtDNA 的遗传多样性和分子进化研究，取得许多可喜的成绩，特别在猕猴属的种组分群、亚种分化，

长臂猿的种间关系，黑长臂猿的亚种分化，高等猿类的酪氨酸酶进化等诸多方面，不仅验证了形态分类学许多结论的正确性和某些形态分类学研究中的不足，而且还提出了许多新观点，如认为海南黑长臂猿（*Hylobates hainanus*）可能与大陆的黑长臂猿（*Hylobates concolor*）系不同的种，为我国灵长类的分类、系统演化、遗传多样性、繁殖和保护提供了许多基础资料。

形态解剖　形态解剖学研究是我国灵长类学研究中的一个热点。40～60年代，国外一些学者相继对我国的金丝猴、台湾猴的肌肉、皮肤、静脉等做过观察。国内学者的研究始于刘诗峰等于1959年对川金丝猴齿式和头骨标本的测量，其他学者工作的开展主要在70年代以后。中国科学院昆明动物研究所灵长类形态解剖研究组的研究几乎涉及我国现生灵长类的所有类群，出版了多部专著，如《长臂猿解剖》（吴新智、叶智彰，1978）、《猕猴解剖》（叶智彰等，1985）、《金丝猴解剖》（叶智彰等，1987）、《叶猴生物学》（叶智彰等，1993）和180多篇形态解剖学论文。这些专著和论文涉及灵长类解剖学的诸多方面，如外部形态、骨骼系统、肌肉系统、消化系统、呼吸系统、泌尿系统、生殖系统、内分泌系统、循环系统、神经系统、感觉系统等内容。特别在80年代以后，研究工作已从局部到系统、从静态到动态、从形态到功能、从种和类群的解剖描述到种间、属间至与其他灵长类的系统比较，进一步阐述了我国某些灵长类（特别是仰鼻猴）的分类地位和系统发育关系，对我国灵长类的分类和系统进化提供了许多形态解剖学证据。

生态与行为研究　灵长类生态学与行为学是国内外灵长类学研究中最活跃的一个领域。蜂猴类（*Nycticebus*）系夜行的低等原猴类，冯庆等对笼养条件下间蜂猴（*N. intermedius*）的生态、繁殖、生长发育、行为学和母婴关系进行了研究。结果表明：间蜂猴的社群结构和母婴关系是一种相对较为松散的社群结构，婴猴比我国其他任何一种灵长类更早脱离母体营独立生活；生长发育也较快，每年繁殖一胎，一胎2～3仔，这在亚洲灵长类中是独有的。姚建初、王玉学、江海声、李德森、吴浩瀚等对猕猴（*Macaca mulatta*）的种群结构、种群动态、密度、习性、活动规律、行为、繁殖、通讯以及人类活动对猕猴种群增长的影响等进行了系列研究。藏酋猴（*Macaca thibetana*）是我国的特有灵长类，赵其昆、邓紫云对四川峨眉山的种群的生态学和行为学进行了长期研究，王岐山、熊成培等对安徽黄山的种群进行系列观察，不仅对藏酋猴的食性、体重变化和季节变化、习性、活动规律、种群结构、繁殖、幼仔出生与海拔的关系、母婴关系和群内非母亲成员替代母猴照顾幼仔的行为等进行了观察，并且论证了人类活动导致生境的改变可以引起动物社会行为的改变。

对于疣猴类，主要集中在黑叶猴、白头叶猴和仰鼻猴上。90年代，黄进同、吴名川、赖月梅、江海声、李兆元、卢立仁和黄乘明等对黑叶猴、白头叶猴的栖居环境、生态习性、活动规律、种群结构、数量、食性、饲养繁殖和保护等做过许多研究；仰鼻猴属（*Rhinopithecus*）在我国有3个种（都是我国的特有种），对它们的生态研究最多，涉及栖息环境（马世来等）、生活习性（宋志明、高凤岐、胡锦矗、邓其祥、李致祥、史东仇、谢家骅、杨德华、木文伟、胡振林、白寿昌、马世来、龙勇诚、蒋学龙等）、社群结构（白寿昌、任仁眉等）、数量分布（白寿昌、陈服官等）、社会行为（戚静芬、马世来、任仁眉等）、食性（白寿昌、吴宝琦、木文伟等）、母婴关系（苏彦捷等）、鸣声分析（解文治、李

宝国等)。

长臂猿特别是黑长臂猿(*Hylobates concolor*)的生态生物学和保护研究，是我国灵长类生态研究中的另一个热点，这方面的论文在生态学研究中最多。内容涉及栖息地选择、食性、活动范围、鸣声等，特别是在种群结构和配偶制的研究方面获得了突破性的进展。一般认为：长臂猿属动物通常是一雄一雌配偶制的家庭式小社群结构，但在黑长臂猿中发现为一雄双雌的配偶制或一雄双雌、一雄一雌的配偶系。一雄一雌配偶制是栖息环境受到较严重的破坏或干扰所形成的家庭配偶系，或是刚组成的新配偶系家庭。黑长臂猿的这种多配偶社群结构是该种本身的自然社群结构特点，在长臂猿的社群结构中是独有的，反映了黑长臂猿在长臂猿属系统进化中的系统地位最为原始的特征。

资源现状与保护　在我国灵长类资源的现状与保护研究中，许多学者如高耀亭、文焕然、张荣祖、全国强等对长臂猿、猕猴、藏酋猴等在我国历史分布及变化、现代的资源数量、分布及与人类活动的关系进行过分析和研究。马世来、全国强和王应祥等对我国灵长类每个种的资源现状和保护做了综合评估：已绝迹或接近绝迹的种有白臀叶猴 *Pygathrix nemaeus*(已绝迹)、海南黑长臂猿(*Hylobates hainanus*，15～20 只)、白掌长臂猿(*Hylobates lar*，30～40 只)；高度濒危的种有倭蜂猴(*Nycticebus pygmaeus*，不到100只)、白颊长臂猿(*Hylobates leucogenys*，70～80 只)、白眉长臂猿(*Hylobates hoolock*，100 ～ 150 只)、间蜂猴(*Nycticebus intermedius*，200～400 只)；濒危种有台湾猴(*Macaca cyclopis*，不到 500 只)、戴帽叶猴(*Trachypithecus pileatus*，500～600 只)、灰仰鼻猴(*Rhinopithecus brelichi*，400～600只)、豚尾猴(*Macaca nemestrina*，800～1 000只)、黑长臂猿(*Hylobates concolor*，1 000～1 500只)、蜂猴(*Nycticebus coucang*，1 500～2 000只)、黑仰鼻猴(*Rhinopithecus bieti*，1 500～2 000只)、黑叶猴(*Trachypithescus francoisi*，包括白头叶猴，5 000～7 000只)、灰叶猴(*Trachypithecus phayrei*，5 000～6 000 只)和金丝仰鼻猴(*Rhinopithecus roxellana*，1 万～1.5 万)；受危种有熊猴(*Macaca assamensis*，6 000～8 000只)、短尾猴(*Macaca arctoides*，1 万～1.5万只)和我国特有种藏酋猴(*Macaca thibetana*，1 万～1.3 万只)；分布最广、数量相对较多的仅猕猴(*Macaca nulatta*)一种，约8 万～10 万只，由于过量捕猎和利用，90 年代猕猴的数量已不及60 年代的一半。我国的灵长类除猕猴、藏酋猴、短尾猴为国家II 级重点保护野生动物外，其余各种均为国家I 级重点保护野生动物。

饲养与繁殖　我国现生灵长类的饲养与繁殖，大多在动物园和一些猕猴饲养场中进行。据沈培清于1997 年的统计，全国已有28个灵长类动物的饲养场或研究开发中心进行猕猴的饲养与繁殖，养有猕猴2 万～2.5 万只，多数作为国内医学实验动物或供出口。其他灵长类大多在动物园中少量饲养，一般的内容多为饲养、管理和繁殖观察。对猕猴、仰鼻猴和黑叶猴的饲养繁殖研究比较深入，在圈养条件下大多能够繁殖。

陈元霖等根据中国科学院昆明动物研究所多年驯养猕猴的资料和研究成果，编写了《猕猴》(1985)一书，对猕猴在圈养条件下的生理、生长与发育、常见疾病及其防治、实验技术包括临床和生理指标、精液的冷冻与保存、排卵测定和妊娠诊断等做了全面介绍，是我国猕猴驯养繁殖的一本总结性专著。

灵长类生殖生物学是当代灵长类学研究和人类计划生育研究的一个重要方面，为当

今国内外研究的热点。近期对猕猴性周期及其时间因素、雌性生殖周期性类固醇激素的分泌规律以及雌性血清中雌二醇和孕激素水平的季节性变化研究（练幼辉、黄秀兰、季维智等）、猕猴卵母细胞的体外受精和胚胎培养以及冷冻保存机理的实验研究（季维智等）、灵长类免疫生殖生物学研究（贲昆龙、王云美等）等都取得了可喜成绩，为我国灵长类生殖生物学研究的进一步开展奠定了基础。圈养灵长类的疾病防治在灵长类的饲养中是重要的一个环节。这方面的工作涉及猕猴、仰鼻猴、黑叶猴、短尾猴、长臂猿及国外交换来的一些珍稀濒危灵长类如黑猩猩、大猩猩、猩猩、狒狒等，其中以有关猕猴和金丝猴的论文最多。《猴病防治》（贲昆龙，1978）一书对实验类的疾病防治做过专门的论述。田保平、张力跃、侯意谛、戚汉君等对叶猴、金丝猴等的疾病及防治做过不少报道。

神经生物学　由于非人灵长类在探讨人类神经系统发育、神经疾病及其行为学和生物学的基本原理中起关键作用，因此非人灵长类的神经生物学的研究尤显重要，近期以来一直是国内外灵长类生物学研究的重点和热点。1988～1993 年，蔡景霞等对非人灵长类大脑前额叶皮层的认知功能机制、调控记忆功能的机制的研究表明：前额叶皮层α-21 HF 亚受体在参与和调节短时记忆过程中起关键的调控作用，在非人灵长类脑内存在有两种去甲肾上腺素受体，这些受体能激动和改善灵长类（特别是老年猴）的记忆功能，多巴胺D1 受体激活剂也能改善猕猴短时间空间记忆功能，可乐定对懒猴的记忆和认知能力有兴奋作用但对猕猴有抑制作用，而利血平、绿丙嗪—苯丙胺对灵长类脑前额叶的记忆参与和调控有明显的损伤和拮抗作用。她们的研究还表明：不同灵长类动物的认识能力是不同的，懒猴、猕猴认识能力的不同与前额叶背侧部的进化水平有关。黄致等运用脑颅皮肤冷冻、微量注射氯化钙、微刺激猕猴体1 区或2 区对皮肤痛阈和针刺镇痛进行了实验研究，证明它们都有明显的作用。

化石灵长类　中国不仅现生灵长类丰富，而且灵长类化石也极其丰富，而且还有最原始的猴科灵长类化石、最接近人类的古猿化石和古人类化石。对化石灵长类的研究早在20 年代就已开始，如在河南渑池发现了安氏猕猴 *Macaca andersoni* 化石，在四川万县盐井沟发现了中更新世的长臂猿化石 *Hylobates*（Bunopithecus）*sericus* 和丁氏仰鼻猴 *Rhinopithecus roxellana tingianus* 化石。特别是在70 年代以来，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的许多古灵长类和古人类学家对我国大江南北的哺乳类化石地点进行了发掘和研究，已发表有关古灵长类和古人类的论文150 余篇，先后在100 多个化石地点发现了灵长类化石。迄今统计，我国已发现的灵长类化石已有10 科24 属34 种之多。第四纪的灵长类化石以猴科 Cercopithcidae 居多。除第四纪以外，尚有新第三纪的11 种灵长类化石和老第三纪的化石。中国是亚洲灵长类化石发现最多的国家之一。

在老第三纪古新世和始新世时（6 600万～3 700万年）的地层，北美和欧洲发现了大量的低等灵长类化石，在亚洲仅发现少数低等灵长类化石。最近，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的科学家们在江西溧阳地区经过数年的考察与发掘，在中始新世（约4 500 万年前）地层中发现了极为珍贵的低等灵长类化石，它几乎包括了这一时期古灵长类的主要大类：原猴类和猴类。这个灵长类化石动物群比同期欧美的低等灵长类更为丰富。它们中包括一个新科：始猴科 Eosimidae，两个新属：曙猴属 *Eosimias* 和穴

居似兔猴属*Adapoides*和四个新种。其中最有意义的是：中华曙猿*Eosimias sinensis*（正确中文名应为中华曙猴），体型只有鼠类那么大，是最原始的低等猴类，它在原猴（低等灵长类）和猴类之间起承前启后的作用。同时还发现眼镜猴在4 500万年前就已开始独立分化。这些发现表明：有关早期灵长类进化的一些系列问题可能会在亚洲得到解决。

参考文献

夏武平，张容祖主编：《灵长类研究与保护》，北京：中国林业出版社，1995。

王应祥等编：《中国灵长类研究文献题录》，中国兽类学会灵长类专家组，1995。

胡志昂，张亚平主编：《中国动植物的遗传多样性》，杭州：浙江科学技术出版社，1997。

叶智彰等编著：《叶猴生物学》，昆明：云南科技出版社，1993 。

陈元霖，曾中兴，白寿昌编著：《猕猴》，北京：科学出版社，1985。

（王应祥）

微生物学

(Microbiology)

微生物学是研究微生物生命活动的科学。作为生命科学中的一个重要领域，微生物学的任务是从分子水平到群体水平研究微生物的类型、成分、结构、新陈代谢、生长繁殖、遗传、进化和分布等生命的各个方面，还研究微生物与其他生物和环境的相互关系等。

微生物是一大群微小生物的总称，包括除高等动植物以外的所有微小生物。微生物包括没有细胞结构的病毒，单细胞的古细菌、真细菌和单细胞藻类，以及丝状真菌和原生动物。形体较大的大型真菌也是微生物学的研究对象。按Woese等在20世纪90年代提出的主张，生物的三个域中，真细菌(Bacteria)、古细菌（Archaea）的全部和真核生物（Eukarya）的一部分都是微生物。微生物种类繁多，目前人类发现并命名的估计只占自然界中应该存在的10%以下。

在我国近五千年的文明史中，对微生物生命活动的认识和利用的成就是中华民族勤劳智慧的一个闪光点。大型真菌用作食品和药物；在农业方面利用微生物的繁育提高地力和利用豆科植物与根瘤菌的共生固氮和对植物病害的防治；在食品酿造中的制曲以及沤麻等技术，更表明早在上千年前我们的祖先已对微生物的活动有了初步的认识，并在生产活动中积累了控制微生物活动的丰富经验。我国古代便创造了原始的灭菌、接种、菌种选育等微生物学技术；对微生物产生的酶的作用已有模糊的认识;对病原也有过推论，而免疫思想和天花疫苗的发明，更是我国古代对微生物学发展做出的重要贡献。如果我们将这些传统技术加以科学总结，将可能产生具有我国特色的微生物产业，如制曲技术的深入研究，有可能使当代固体发酵和纯种混合发酵等技术有突破性发展，也将对各类微生物之间的相互作用有更深入的认识。

近代微生物学由西方传入中国的最早文字记载出现在19世纪末。西方传教士和个别外国医生在中国做过一些有关病原菌的检验工作。日本学者对我国发酵食品，特别是我国酒曲微生物进行过较系统的调查研究。中国学者开始从事微生物学研究是在20世纪的前20年间，那时一批到西方留学的中国科学家开始较系统地介绍微生物学知识。我国早期微生物学是在医学领域中开展的与疾病治疗和预防有关的医学细菌学的研究。卓有成绩的，当首推伍连德（1879～1960），他在1910～1921年间用近代微生物学知识在鼠疫和霍乱病原的探索和防治方面取得了巨大

的成绩，在国际上产生了很大的影响。1911年在我国沈阳召开的国际鼠疫会议，伍连德被推举为会议主席。他在中国最早建立起卫生防疫机构，培养了第一支预防鼠疫的专业队伍，在当时居国际领先地位。一批由外国创办的医学院校的出现和中央防疫处的成立是我国近代医学微生物学研究的开端。20世纪20～30年代，我国学者开始对医学微生物学有了较多的实验研究，主要是在湖南湘雅医学院和北京协和医学院的细菌学系进行的，在那里培养了我国第一批医学微生物学家。其中，汤飞凡对沙眼病原长达近30年的研究得到了全世界的重视，他的实验室首次分离出沙眼衣原体，为当代的衣原体学奠定了基础。余贺对白喉杆菌和霍乱弧菌的研究，魏曦对斑疹伤寒立克次氏体、恙虫病和钩端螺旋体的研究，谢少文对立克次氏体特别是对其免疫学的研究，是我国医学微生物学的奠基性工作。在非医学的应用微生物学领域，30年代开始在高等学校设立酿造学科和农产制造系，以酿造微生物学为主要课程，并创建了一批与应用微生物学有关的研究机构。魏岩寿、金培松和方心芳等在工业微生物学方面做出了开拓性工作。

20年代，我国科学家开始向国内介绍有关植物病原的微生物学知识。戴芳澜和俞大绂等是我国真菌学和植物病理学的奠基人。30年代有少数几位学者在国外和国内开始从事土壤微生物的研究，特别是对根瘤菌固氮作用的研究是我国土壤微生物学研究的开始。

不过，在1949年新中国成立之前，我国微生物学的力量仍然很弱，微生物学研究只是小规模的、分散在个别研究机构和高等学校中零星的工作，未形成我国自己的队伍和研究体系，也没有我国自己的现代微生物产业。

新中国成立以后，在“文化大革命”之前，我国的微生物学在多方面取得了重要成果，初步建立了自己的研究体系，形成了自己的研究队伍。建国初期的第一个十年，微生物学在我国有了划时代的发展。建立了一批主要进行微生物学研究的单位，抗生素生产、酒精生产和丙酮丁醇生产等现代微生物工业在我国诞生，一些重点大学创设了微生物学专业，开始有计划地培养微生物学工作者。这十年中，在利用有益微生物方面，选育了一批优良菌种，促进了医药工业和发酵工业的发展，扩大了微生物在工农业等方面的用途，筛选出了一些抗生素用于防治人的疾病和动植物的病害，大量培植和推广了细菌肥料，根瘤菌人工接种技术开始推广，开始进行石油与地质微生物学研究。在控制有害微生物方面，开始系统地研究病害流行规律和病毒变异，大规模制造疫苗，研究了主要农作物病害的侵染途径、流行规律、预测、预报、大面积防治措施、病原菌的生理专化性及抗病育种；在兽医微生物学方面也开始进行实际研究工作；工业材料防霉的研究也得到了重视。

60年代，根据12年科学发展规划，在微生物学科的多个领域内开始进行了一些理论性研究的初步工作，在金霉素产生菌金色链霉菌（*Streptomyces aureofaciens*）的代谢、白地霉（*Geotrichum candidum*）的戊糖代谢等方面做出过较高水平的工作。对我国特有的红曲霉葡萄糖淀粉酶的结构和功能研究方面亦取得了较好的成果。我国现代化的发酵工业、抗生素工业、生物农药和菌肥工业已经形成一定的规模。在“文化大革命”时期，微生物学研究队伍遭到了严重的摧残，主要研究工作被迫中断。

1978年以后，我国科学技术发展进入新阶段，微生物学研究队伍逐步得到恢复和发

展，新建了一批重要研究机构，在应用和基础理论研究中，取得了一批重要成果，培养了一批骨干，为下一步发展创造了一定的条件，我国微生物学进入了一个全面发展的新时期。

在分类学领域，我国对根瘤菌和放线菌分类研究取得了较好的成果，基本上与国际上同步。在原有的较好的分类学研究基础上引进近代的研究方法，如将化学分类法、数值分类、同工酶测定、DNA 杂交、16S rRNA 序列分析等，使分类学建筑在更加全面的生物学基础之上，为我国丰富的微生物资源开发研究服务。90 年代初在中国科学院微生物研究所建立的微生物资源前期开发国家重点实验室，对我国微生物资源开发的基础性研究工作的发展起到积极的作用。

在生理学方面，对地中海拟无枝酸菌（*Amycolatopsis mediterrane*）力复霉素合成途径的调节等方面的研究，做出过有影响的工作，并在指导生产上取得了实效；对能产生多种抗生素的吸水链霉菌（*Streptomyces hygroscopicus*）进行了一系列生物化学研究；在固氮微生物的生理学研究中也进行了长期的工作，取得了一批成果。

我国的微生物遗传学是在以实际应用为目的而进行诱变育种的基础上逐渐发展起来的。在细菌和放线菌遗传学方面工作较多。固氮微生物的分子遗传学研究方面，在肺炎克氏杆菌固氮基因结构的分析及豆科植物根瘤菌和非豆科木本植物共生固氮方面做出了高水平的工作；在苜蓿根瘤菌结瘤调节基因的研究中有新的发现。对肠道菌、鼠伤寒沙门氏菌等革兰氏阴性细菌的耐药菌株进行了耐药类型的分析，研究了抗药质粒、肠毒素质粒的分离以及抗药质粒与肠毒素质粒间所形成的重组体的性质。开展了苏云金杆菌（*Bacillus thuringiensis*）、球形芽孢杆菌（*Bacillus sphaericus*）等昆虫病原菌中编码晶体毒蛋白基因的质粒的研究，并通过基因操作将该基因引入到植物中获得了具抗虫能力的植株。在放线菌研究方面，开展了质粒的分子遗传学、发育和分化的研究，发表了一些高水平的论文。在原生质体融合中发现了新质粒的衍生，并由此衍生了一系列能在某些革兰氏阳性和阴性细菌间穿梭的双功能载体，以此为母体又构建了复制子探针、启动子探针和终止子探针等有特殊用途的载体。我国科学工作者对首次从质粒上分离得到的两个转座子进行了一系列的研究。此外，在真菌的分子育种方面也进行了较深入的工作。

在次生代谢物的基因克隆方面，在世界上首次克隆了涉及烯类抗生素生物合成的基因簇，这是借助基因工程创造新抗生素衍生物的良好基础。系统地建立和开发了某些抗生素产生菌的基因克隆体系，其中包括高频转化突变株的筛选、利用转座子进行基因标记的技术的建立、通过同源重组进行基因置换的技术，以及新型质粒和噬菌体载体。

关于基因工程研究，自1985 年以来已对上百种基因进行了克隆和表达的研究。如用酵母菌表达乙型肝炎病毒表面抗原基因等异源基因，对 *pHO*5、*pHO*11 上游调控因子、*SUC*2 基因上游结构和功能的研究以及对克鲁弗酵母系统的研究和对酵母 *pro* 基因的克隆分析和应用，都可能为酵母表达系统的改进提供有价值的措施。应用基因工程菌酰化酶生产6-APA 的固定化菌和膜反应器、仔猪痢疾双价疫苗、用酵母工程菌生产的乙型肝炎疫苗、α 干扰素和γ 干扰素、猪和人的生长激素、高温α-淀粉酶等，都是基因工程研究的成果。

在微生物生态学方面，关于微生物在陆相生油中的作用的研究工作水平较高。在治

理环境污染和利用极端环境微生物资源方面开展了较多研究工作，推动了这一学科在我国的发展。在沉积域以及大气域、草原和森林等生态环境中进行了微生物分布的生态调查，还利用微生物之间的相互作用，研究了微生物群体导致的能流食物链。在医学及兽医学领域进行了不少微生物生态学及微生态制剂的研究，并将其用于疾病的防治。

早在20 世纪60 年代，应用现代分析手段于微生物学研究的工作已经在我国开始。80 年代初开始，包括气相色谱、气相色谱—质谱联用、高效液相色谱、光谱、电阻抗等，特别是基因探针、酶联免疫法、单克隆抗体和生物传感技术等许多先进的技术在我国的应用有了较大的发展，研究的对象包括了各类微生物。这些比较先进的方法的应用正逐渐由科研单位扩大到卫生防疫、商品检验、工厂产品质量监控、环境保护和临床化验等部门。一些标准化的培养基和试剂正在研制或已经生产，一些适合我国条件的特殊设备也开始出现。

在应用微生物学方面，根据国家生产建设和社会发展的需要，我国微生物学工作者在各自的专业领域内取得了很多成果，并取得了巨大的经济和社会效益，同时也提高了我国微生物学的整体水平。

在医学微生物学领域，已逐步建立了一支门类较为齐全的医学微生物研究队伍，积累了数量巨大的作为研究基础的菌株。在病原学研究中，对鼠疫、布氏杆菌病、霍乱、钩端螺旋体病、斑疹伤寒、恙虫病等天然病原体疾病的病原菌的本国菌株的特征、传播媒介及宿主等的研究取得了不少成果，有些达到了国际先进水平。对近年来新发现的致病微生物，如军团菌、幽门螺杆菌、莱姆氏病疏螺旋体等也开展了病原学、流行病学和分布调查，为防治这些疾病提供了依据。自行研制了甲组流行性脑膜炎荚膜多糖疫苗、钩端螺旋体地方株疫苗、炭疽活菌苗、鼠疫活菌苗，还研制了霍乱和痢疾基因工程疫苗。对自然界鼠疫耶尔森氏菌的宿主、生理特性与毒力变异株及其分布的研究，以及对自然界强毒与弱毒霍乱弧菌的噬菌体分型和分子生物学鉴别等也取得了成就。

在农业微生物学领域，我国对反硝化作用进行了较系统的研究，一直紧跟国际水平。1987 年建立了全面研究土壤物质循环的开放实验室，着重研究土壤圈中植物营养元素转化。生物固氮，特别是根瘤菌与豆科植物共生固氮研究，是我国持续开展着的一个重要项目，较多单位从资源、分类、生态、生理、生化和遗传诸方面组织力量进行了较深入的研究，取得了较高水平的成果。对泡囊丛枝状菌根（VA 菌根）和外生菌根菌的资源、分类、生态及作用等的研究也取得了较快发展，在农作物和林木上的应用实验已由温室走向大田。根际微生物研究日益受到重视，禾本科植物联合固氮研究已从细胞水平走向分子水平，与国际上同步。

在利用微生物及其次生代谢产物防治植物病虫害方面进行了大量研究。苏云金杆菌（*Bacillus thuringiensis*）治虫已在生产上广泛应用，并在基因工程方面深入研究；井冈霉素的应用取得了良好效果；对虫霉菌的资源和分类已有较系统的研究，在全国发现了200 余种昆虫病原真菌；对白僵菌（*Beauveria bissiana*）的菌种选育及退化机制的研究取得了一定成绩，发酵生产工艺较为成熟，并在小范围内应用于虫害防治。

在工业微生物学领域，我国抗生素、有机酸、氨基酸、酶制剂、维生素、甾体激素生物转化和单细胞蛋白等现代发酵工业部门陆续建立，尤其是以谷氨酸为代表的氨基酸产业的发展壮大，使我国工业微生物学的应

用基础研究不断得到重视和发展。开始于70年代的维生素C二步法发酵生产研究中，发现了以山梨糖为原料产生维生素C合成中间体2-酮基-L-古龙酸的优良菌株，创立了维生素C生产新工艺。黑曲霉糖化酶活力的提高和大范围推广应用，也取得了巨大的效益。从70年代以来，重组DNA技术和原生质体融合技术开始用于菌种的选育；固定化细胞和固定化酶技术、原生质体融合技术等的应用较普遍，已开始用于抗生素、氨基酸、有机酸和酶制剂等生产行业的育种工作。固定化青霉素酰化酶的研究和应用已达到国际先进水平，酶分子改造和修饰的研究也已经开始。用微生物酶和细胞制备生物传感器的研究已经有了较好的开端。在利用烷烃为原料发酵生产二元酸方面，获得了高水平的成果，并取得了较大的经济效益。在可降解塑料和木糖醇等新产品的发酵生产的研究中，获得了一批高产菌株。对于传统的发酵产品，如酒类、酱油和醋等，选育了一批优良菌种，较大地提高了粮食利用率；在白酒酿造微生物方面，对酿制浓香型白酒的窖泥中的对形成酒中主体香己酸乙酯有主要功能的细菌克氏梭菌[*Clostridium kluyveri*，现改称克氏端孢菌(*Terminosporus kluyveri*)]进行了有特色的研究并取得了成果。

在对微生物霉腐的防治研究、微生物对金属的腐蚀作用及地下金属构件微生物腐蚀防治措施的研究、微生物浸矿研究等方面都积累了较丰富的实验室成果，为大面积应用奠定了基础。

在兽医微生物学领域，除在多种抗病毒疫苗的研制和推广应用上达到国际先进水平外，在猪肺炎支原体疫苗的研究及羊链球菌疫苗的研制上，处于国际领先行列。兽医用基因工程菌苗的研究虽然起步较晚，但取得了某些明显的进展，数百种疫苗和诊断制品是我国兽医微生物学工作者的一项重要成果。

在环境微生物学领域，逐步开展了生物净化、微生物生态分布、结构功能、污染控制和生物治理技术、生物监测和综合利用等方面的研究。进行了污染环境的微生物生态学研究，调查了石油污染灌区的微生物种群的组成、分布和降解石油的能力等；研究了微生物的酶在环境净化中的应用；对以微生物作为污染指示菌和对环境进行监控也进行过不少研究。通过农村沼气事业的发展，对沼气发酵过程有了一些初步的观察和研究。70年代后，对沼气发酵微生物开始了较系统的研究，分离了一批产甲烷菌。对厌氧菌在厌氧消化过程中的微生物生态区系及某些功能菌的代谢也进行过一些研究。从环境保护和能源两方面开展了厌氧消化的应用研究。

参考文献

Madigan, Michael T., Martink, John M. and Parker, Jack: *Brock Biology of Microorganisms*, 9th ed. Prentice Hall, 2000。

国家自然科学基金委员会:《自然科学学科发展战略调研报告·微生物学》，北京：科学出版社，1996。

邓力群等：《当代中国丛书·中国科学院》，北京：当代中国出版社，336～370，1993。

张树政等：《工业微生物学成就》，北京：科学出版社，1988。

陈华癸等：《中国共生固氮研究五十年》(全国豆科植物—根瘤菌共生固氮学术讨论会论文集)，南京：南京农业大学出版社，1987。

（程光胜）

二步发酵法生产维生素C (Production of Vitamin C by Two Steps Fermentation)

维生素C (Vitamin C) 即L-抗坏血酸(L-Ascorbic acid)，是人体必需的一种维生

素，生理作用广泛，在医药、食品工业和农业上均有重要用途。2-酮基-L-古龙酸（2-Keto-L-gulonic acid）是合成维生素C的重要前体。长期以来，国内外维生素C生产一直沿用德国化学家Reichstein等于1933年发明的"莱氏法"老工艺。该工艺需要经过五道繁杂的工序（一步发酵，四步化学合成及精制工序），连续操作有困难。

"二步发酵法"是由我国于20世纪70年代发明的维生素C生产新工艺，是用微生物发酵产生2-酮基-L-古龙酸用以合成维生素C的新方法。其关键在于筛选到了一种微生物菌株，可以在以D-山梨醇为原料一步发酵得到中间体L-山梨糖的基础上，经过再一次发酵，即可获得2-酮基-L-古龙酸，取代了"莱氏法"老工艺的酮化和化学氧化工序。和老工艺相比，用生物氧化代替了化学氧化，去掉了酮化工序，缩短了生长周期，节省了大量易燃、易爆和有毒的重要化工原料，减少了对"三废"的处理，并大大改善了劳动条件，有利于安全生产。采用"二步发酵法"后可减少工业用粮40%左右，降低了原材料成本。"二步发酵法"新工艺已在国内的维生素C工业生产中推广使用。多年实践证明了"二步发酵法"新工艺技术可靠并具有较高的生产水平。

1967年夏天，北京制药厂等多家工厂沿用"莱氏法"工艺生产维生素C时发生了因一步发酵工序中严重污染噬菌体而影响生产，甚至一度造成了停产。1969年2月，由中国科学院微生物研究所和北京制药厂的工程技术人员组成攻关小组，以改进"莱氏法"生产工艺和提高维生素C生产水平。他们采集了上万个土（水）样品进行微生物菌株的分离和初步筛选，将复筛菌株的发酵液用纸层析等方法逐一进行定性检测，从中获得能显出产生2-酮基-L-古龙酸斑点的样品两千多个，再进一步进行菌株重复筛选和摇瓶发酵试验，终于在1970年7月选育到一种比原先已经获得的产酸菌株的产酸量要高出近20倍的优良出发菌。在研究发酵条件的过程中，观察到这个菌种不像是单一的一株细菌，而且用常规的分离方法也很难分离纯化。1971年2月，东北制药总厂协助完成了对这一优良菌种的分离和纯化，证实了其是由大、小两种细菌组成的混合菌株。1974年6月，国家医药总局主持在北京召开了由全国维生素C生产工厂参加的"二步发酵法"的中试鉴定会，肯定了这一具有中国特色的新工艺。此后，在国家医药总局组织下，继续进行发酵和提取条件的研究以提高中试水平。70年代末期在上海第二制药厂率先实现了扩大规模试生产。在不断改进的基础上，"二步发酵法"新工艺已普遍应用于国内维生素C工业化生产。

维生素C"二步发酵法"第一发明人是尹光琳，她在中国科学院微生物研究所工作期间，于1967年7月起与北京制药厂合作，选育抗噬菌体菌株及其验证。参加工作的有北京制药厂的宁文珠、中国科学院北京微生物

D-葡萄糖 —高压加氢→ D-山梨醇 —细菌发酵→ L-山梨糖 —混合细菌发酵→ 2-酮基-L-古龙酸 —化学转化→ L-抗坏血酸

图7　二步发酵法生产L-抗坏血酸（维生素C）

研究所的严自正和东北制药总厂的技术员。其后尹光琳在中国科学院上海生物工程研究中心领导的研究小组继续致力于对“二步发酵法”工艺的革新提高，开展了对维生素C生产新方法、新技术的研究。他们在构建葡萄糖基因工程菌和探索维生素C产生菌的代谢工程研究方面都取得了较好进展，1996年以来申请并获受理的共有三项中国专利。

国内维生素C生产目前均采用“二步发酵法”，其工艺流程如下：从葡萄糖高压加氢制成的D-山梨醇是发酵的主要原料，利用生黑葡萄糖酸杆菌（*Gluconobacter melanogenus*）或弱氧醋酸杆菌（*Acetobacter suboxydans*）先进行第一步发酵，将所生成的L-山梨糖（醪液）于80 ℃加热10 min后，再加入消过毒的辅料（玉米浆、尿素及无机盐等），即可开始第二步由大菌和小菌组成的混合菌株进行的发酵。小菌是主要的产酸菌——氧化葡萄糖酸杆菌（*Gluconobacter oxydans*），而大菌是必不可少的伴生菌，一般采用假单胞杆菌属细菌（*Pseudomonas* sp.）或芽孢杆菌属细菌（*Bacillus* sp.）。为了便于观察细胞形态上的差别，现在大多数工厂均采用芽孢杆菌属细菌（*Bacillus* sp.）作为大菌。发酵初期，pH约为7.0，此时两菌株生长均很正常，当作为伴生菌的芽孢杆菌开始形成芽孢时，小菌开始产酸，此时应注意定期滴加少量碱液调节pH，以保持产酸的正常进行。发酵终了时，温度略高，pH在7.2左右，此时L-山梨糖已耗尽，而游离芽孢及残存的菌体已逐步自溶，整个发酵产酸过程结束。将发酵液提取并再经化学转化和精制，即可得到维生素C（L-抗坏血酸）。

由氧化葡萄糖酸杆菌（*Gluconobacter oxydans*）和芽孢杆菌属细菌（*Bacillus* sp.）所组成的混合菌株大、小菌的自然合理搭配，是发酵能否成功的关键。早期大菌以营养体为主，出现芽孢时，小菌即开始产酸，当镜检看到发酵液中大菌大多数较早出现游离芽孢而小菌生长旺盛时，则发酵必定成功；反之，则会延长发酵时间和影响产酸。严防杂菌污染、控制好发酵条件和及时镜检观察将有助于发酵的顺利进行。在“二步发酵法”工艺中，有三株细菌参与了发酵和整个代谢过程，它的酶系也是比较复杂的。从发明成功到发酵工艺确定直至实现维生素C工业化生产，经历了数十年的改进和提高过程，也表明了维生素C“二步发酵法”的确是具有中国特色的新工艺。

维生素C存在于多种新鲜水果和蔬菜中，但在蔬菜和水果中容易受到破坏并难于长期保存，因而大量应用维生素C必须依靠人工合成。在20世纪30年代以前，维生素C是从柠檬中提取的，由于原料价格昂贵，无法满足需要。此后，国内外均采用经过改良的“莱氏法”进行生产，工艺成熟，总转化率60%左右。但生产工序繁复，反应剧烈，对设备要求很高，消耗能量大，劳动强度也大；而反应中所用的大量有毒、有害和易燃、易爆的化学药品如丙酮、次氯酸钠、苯硫酸等造成了环境污染和影响生态环境。从60年代初期起，世界各国科学家就开始了简化维生素C生产工艺的研究。由尹光琳等人发明的维生素C“二步发酵法”是在“莱氏法”的基础上予以改进，用细菌生物氧化（发酵）代替了酮化和化学氧化，减少了生产环节，节省了化工原料，降低了生产成本，创造了具有中国特色的技术路线。在不断改进的基础上，“二步发酵法”新工艺已普遍应用于国内维生素C工业化生产。此项发明在1980年4月荣获了国家科委发明二等奖。20多年来，这一技术改革新工艺在下游技术方面也在不断地充实完善，菌株性能一直很稳定，发酵转化率保持在80%左右，维生素C总收率在

47% 以上，最高可达到55% 左右，处于世界领先水平。

除了我国发明的维生素C“二步发酵法”外，世界各国对简化“莱氏法”的研究至今多数仍停留在实验室阶段。占世界上维生素C总产量约一半的瑞士霍夫曼·罗氏(Hoffmann La-Roche)制药公司，对我国发明的“二步发酵法”产生了浓厚的兴趣，80年代初就向经营对外技术转让的东方科学仪器进出口公司和中国医药对外经济技术合作总公司提出，希望购买这项技术。经过双方代表的协商谈判，维生素C“二步发酵法”新工艺在1985年9月以550万美元的技术转让费成功地转让给了罗氏公司。这是我国对外技术转让中的一个重大项目。此后，罗氏公司又成功地协助尹光琳等六位主要发明人申请了欧洲专利(European Patent，1988：278，447—A2)。显然，“二步发酵法”新技术对于大量生产维生素C这一人体生长代谢不可缺少的药物和营养必需品具有重要的价值。

维生素C在整个维生素类药物生产中占有十分重要的地位，是世界卫生组织和联合国工业发展组织共同确定的人类26种基本药物之一。在过去的20多年时间里，维生素C的总产量和销售量一直在稳步上升：1977年全世界销量近21 000吨，1983年达到35 000吨，1989年则为70 000吨左右，1999年全世界维生素C的产量已达到80 000吨以上。据有关专家预测，世界市场对维生素C的需求在今后15年内仍将呈上升趋势。从1995年春季以来，国内不少维生素C生产厂竞相扩产。过多的维生素C对国外其他一些知名的生产维生素C的制药公司(如瑞士霍夫曼·罗氏公司及日本武田公司等)造成了压力，因而受到在国际市场上控制出口价格的抵制，这也就大大地影响了国内维生素C的生产和销路。以1996年生产为例，当时全国生产设计总能力已达到35 000吨，而实际上生产维生素C仅18 000吨左右(其中出口量占总产量的77%)。盲目扩产的结果使得大厂减产，小厂停产或转产。由于维生素C在生产和销售中的不正常，因此降低原料成本和提高产品收率成了国内各维生素C生产厂面临的现实问题。可是在出口价格大幅度下降的同时，原料价格又普遍上涨，而主要原料D-山梨醇却大多采用进口，因而相当多的维生素C生产厂(公司)即使生产正常，但真正赢利者屈指可数。

对于像维生素C这样的重要医药产品，多年来国内外的研究一直方兴未艾。在维生素C生物合成研究方面，近年来，国外在应用重组DNA技术开展遗传工程研究中取得了重要的新进展。80年代中、后期，美国、瑞士等国成功构建了从葡萄糖直接生成2-酮基-L-古龙酸的基因工程菌，预示了维生素C生产和研究进入了又一个新的里程碑。国内对“二步发酵法”的混合发酵工艺，在菌株的生理特性及代谢途径的研究、对2-酮基-L-古龙酸合成酶系基因的克隆和提高底物浓度、优化发酵条件以及改进提取、碱转化和精制生产工艺等方面，中国科学院上海生物工程研究中心、清华大学、中国科学院沈阳应用生态所以及许多维生素C生产厂(公司)都相继进行了研究和探索，也已取得了不同程度的进展。中国科学院上海生物工程研究中心尹光琳等人在葡萄糖串联发酵中试取得成功，克隆到了关键酶——2，5-二酮基-D-葡萄糖酸还原酶的基因并已表达成功，还进行了减少或解除旁路代谢的关键酶的研究，在构建从葡萄糖直接产生2-酮基-L-古龙酸合成维生素C的基因工程菌和代谢工程研究方面亦取得了一系列进展。尹光琳等人在对“二步发酵法”这一具有中国特色的发酵工艺的

研究中提出，混合菌株利用L-山梨糖经过“山梨酮途径”产生2-酮基-L-古龙酸的代谢过程也就是发酵产酸的反应过程。从分子生物学角度开展对转化机制及产酸小菌氧化葡萄糖酸杆菌（*Gluconobacter oxydans*）在基因工程方面的研究，很有理论意义和实用价值。

随着分子生物学技术和微生物生理学的发展，无论是构建从葡萄糖直接产生2-酮基-L-古龙酸的基因工程菌，或者是在对从L-山梨糖发酵产生2-酮基-L-古龙酸转化机制深入研究基础上进行基因工程方面的研究，以及从D-山梨醇作为底物直接发酵产生2-酮基-L-古龙酸，将是维生素C生物合成研究在今后的发展趋势。鉴于我国在“二步发酵法”方面的优势，最终实现从D-葡萄糖或D-山梨醇直接发酵产生2-酮基-L-古龙酸并合成维生素C是完全有可能的。

参考文献

尹光琳，陶增鑫，严自正等：《微生物学报》，20（3）：246～251，1980。

Ning，W. Z.（宁文珠），Tao，Z. X.，Wang，C. H.，Wang，S. D.，Yan，Z. Z. & Yin，G. L.（尹光琳）：European Patent，278，447－A2，1988。

尹光琳：《工业微生物》，21（1）：29～37，1991。

尹光琳，赵根楠，战立克主编：《发酵工业全书》，北京：中国医药科技出版社，414～417，1992（1996再版）。

尹光琳，何建明，任双喜等：《工业微生物》，27（1）：1～7，1997。

陈策实，尹光琳：《生物工程学报》，15（2）：196～201，1999。

乔春红，李越，尹光琳：《工业微生物》，30（1）：9～14，2000。

（尹光琳）

病毒学

(Virology)

病毒学是研究病毒的科学，是在微生物学发展过程中形成的一个重要的并具有相当独立性的分支学科。病毒是微生物中非细胞的最小生命实体，它的组成简单，仅含有一种核酸（DNA或RNA）及蛋白质，有的甚至没有蛋白质(类病毒)。它们具有专性寄生性，必须在活细胞中才能增殖。因此根据宿主之不同，有动物病毒、植物病毒、细菌病毒（噬菌体）和拟病毒（寄生在病毒中的病毒）等多种类型，还有只含RNA但具有病原性的最小分子生物（类病毒）和没有核酸而有感染性的蛋白质颗粒（朊病毒）。

病毒学研究与生命科学及生物技术密切相关，因为病毒是研究生命活动最简单的模型，为近代研究生物大分子结构及其功能、基因组高效表达及调控网络提供了有力工具，在认识生命现象的本质中提供了许多基本的信息。同时，一方面病毒能够引起动物、植物及人类各种疾病，例如艾滋病，对人类的生存至今仍是巨大的威胁；另一方面它又可被用来消除害虫，还可被改造为外源基因的表达载体，可以为人类所利用。病毒学的应用涉及医学、兽医、环境、农业及工业等广阔领域，相应发展成噬菌体学、医学病毒学、兽医病毒学、环境病毒学、植物病毒学以及昆虫病毒学等分支学科。病毒学已成为认识生命本质、发展国民经济和保障人畜健康而必须深入研究的重点学科。

我国古代对病毒引起的人类疾病的流行曾有过记载，特别是人痘接种术预防天花对后来的牛痘疫苗的发明有过重要的影响。我国近代对病毒的科学研究开始于20世纪30年代。1947年，高尚荫在武汉大学创建了第

一个病毒学研究室。国内的研究人员稀少，基础薄弱，殊少成果，但有少数中国学者在国外对病毒学的发展做出过贡献。汤飞凡1925年在美国对疱疹病毒进行过研究，1929年回国后在困难的条件下仍继续着病毒的研究。他和他的导师Zinsser用物理学方法研究病毒的本质，证明病毒是存在于宿主细胞内的能自我复制的颗粒，为病毒学的创立做出过重要贡献。黄桢祥于1942年在美国研究西方马脑炎病毒时，发现有病毒增殖的组织块培养液的pH与无病毒的培养液有显著差异，并与Enders和Dulbacco等用鸡胚组织悬浮细胞培养物成功地繁殖了西方马脑炎病毒，创立了用组织培养细胞分离、鉴定以及定量测定病毒的技术，为现代病毒学奠定了基础，大大推动了动物病毒学的发展。朱既明于1948年在英国发现同一病毒可因变异而呈不同形态，并首次将流感病毒裂解为有生物活性的亚单位，并在此基础上提出了病毒的结构模型，这一假说为后来阐明各种病毒结构开了先河，并为研究亚单位疫苗准备了理论和方法的基础。朱既明还发现了正常血清中抑制流感病毒血凝作用的β-抑制素。高尚荫于1943年在美国进行烟草花叶病毒研究时，曾观察到病毒感染不同宿主后仍保持稳定的理化和血清学特征，在病毒学发展史中占有一定的地位。

中华人民共和国成立后，病毒学在我国得到了全面的发展。从50年代起，我国的一些大学和医学研究机构即开始医学和植物病毒学研究，取得了一批科研成果。其中黄桢祥主持的乙型脑炎病毒和麻疹病毒的研究和疫苗的研制工作，以及朱既明等对流感病毒的研究，处于国际领先地位。1957年，朱既明根据从我国开始的流行性感冒的世界大流行的研究中，首次提出病毒学证据，证明流感病毒抗原转变会引起流感的世界大流行。1955年高尚荫编撰了《显微镜下的病毒》一书，1958年创立了用单层细胞培养昆虫病毒的方法，都被认为是昆虫病毒研究上的重要突破。1969年开展了烟草花叶病毒核酸体外合成的研究，开始了病毒分子生物学的初期研究工作。在国内首次建立了体外合成蛋白质体系，生物合成了烟草花叶病毒(TMV)外壳蛋白，开展了利用cDNA分子杂交技术检测和鉴定类病毒等工作。80年代以后，随着分子病毒学研究工作的开展，对我国的一些毒株进行了结构和功能、复制机制及其与宿主关系的初步研究，有关专著相继问世。90年代，对痘苗病毒天坛株基因组全序列进行了测定与分析（金奇等），对中国大陆丙型肝炎病毒遗传结构及基因进行了分型（颜子颖等）。同时，以病毒作为外源基因载体也开展了研究，对新型系列病毒载体的构建和应用取得了成果（颜子颖等）。

我国的医学病毒学的发展与国外同步，在病毒学中居领先地位。在病原学及病原学诊断方面进行了多种病毒的分离，如成功分离了国际上普遍认为较难培养的鼻病毒和人冠状病毒，改进了登革热病毒等的分离培养方法。对流行性出血热病病毒病原及其流行病学进行了长期系统的研究，并研制成功多种疫苗（宋干、严玉辰、俞永新等）。新发现了成人腹泻B组轮状病毒、甲型流感病毒新亚型及甲型流感病毒自然温度敏感株等。对EB病毒，尤其是对该病毒与鼻咽癌的关系进行了系统研究，创建的EB病毒免疫球蛋白A抗体方法能对鼻咽癌进行早期诊断，使检出率由原来的20%～30%提高到80%～90%（曾毅等）。乙型脑炎的主要传播媒介和主要宿主动物的确定以及疫苗的研制，对防治该疾病起了重大作用，我国在国际上首先研制成功乙型脑炎活疫苗（黄桢祥、王逸民等）。各种肝炎病毒的研究在我国广泛开展，对乙

型肝炎病毒的系统研究和疫苗的研制取得了重要成果，研制了甲型肝炎活疫苗（毛江森等）、基因工程乙型肝炎疫苗（任贵方等）和重组型乙型肝炎抗原抗体治疗疫苗（闻玉梅等），对丙型、丁型肝炎病毒进行了分子生物学、血清学诊断方法的研究（陶其敏等，詹美云等），构建了中国人丙型肝炎病毒的基因库（戚中田等），戊型肝炎病毒的研究也取得了重要成果（庄辉）。在防治病毒感染和治疗病毒性疾病方面，侯云德等研制成功了人基因工程α-和γ-干扰素并投入生产。

我国兽医病毒学研究重点是畜、禽病毒性传染病的防治。开展了对水产动物的病毒性传染病防治研究，草鱼出血病毒病基本上得到了控制；继1955年在全国范围内消灭牛瘟后（袁庆志等），近年来又基本控制了口蹄疫及羊痘；马传染性贫血病毒弱毒疫苗（沈荣显等）、猪瘟兔化弱毒疫苗（方时杰等）、牛O型口蹄疫灭活疫苗（况乾惕等）、猪O型口蹄疫灭活疫苗II型（谢庆阁等）等的应用，对于马传染性贫血、猪瘟、新城鸡瘟、小鹅瘟等已成为甚为有效的控制措施。90年代研究重点是兔瘟及其他动物细小病毒感染、畜禽的流行性腹泻等多发病的简便病原学诊断方法及有效防治措施。构建了高效价抗对虾白斑综合征杆状病毒的噬菌体抗体文库，并获得了数十个阳性克隆（中国科学院水生生物研究所）。

噬菌体的研究方面，在50年代即开始培养噬菌体研究队伍，60年代开始进行了较多针对危害发酵工业的噬菌体的分离、鉴定和防治工作，取得了一定的成绩。应用噬菌体对肠杆菌科细菌进行分类和鉴定是我国科学家的首创（何晓青等），是一个较便利的方法。同时对噬菌体进行了较多的形态观察，编著了我国的噬菌体图谱（何能波等）和《噬菌体学》专著（司稚东）。

植物病毒学研究从建国后开始起步，60年代前是以病毒的调查和鉴定为主，发现了100种以上的植物病毒。60年代后相继开展了病毒生物化学和分子生物学研究。80年代开展了抗病毒植物基因工程研究，已获得了表达TMV外壳蛋白的转基因烟草、表达病毒卫星RNA的转基因烟草和番茄；另外在类病毒方面也做出了与国际水平相当的工作。

植物病毒的研究成果在基因工程问世后，被广泛用于防治病毒病害。田波等首次开展了利用卫星RNA防治病毒病的研究，他们成功地构建了黄瓜花叶病毒（CMV）卫星RNA的cDNA单体及双体克隆，将这些克隆转入烟草、番茄和辣椒，获得了多种抗CMV的工程作物，并进一步获得了具有高度抗病毒性能的商用烟草；他们还对卫星RNA防病机制和病毒致病的分子机制进行了较系统的研究。病毒分子生物学研究进一步开展，完成了花椰菜花叶病毒（CaMV）新疆分离物基因组全长克隆和序列分析。

在抗病毒植物基因工程的研究方面取得了成绩：获得了转外壳蛋白基因的抗TMV烟草，转卫星RNA cDNA的抗黄瓜花叶病毒的烟草和番茄，转TMV和CMV外壳蛋白基因的双抗基因工程烟草、辣椒及转CMV外壳蛋白基因和卫星RNA cDNA的转双基因烟草，并已进入田间试验或大面积试生产，此外还构建了马铃薯、水稻等作物的抗病毒基因工程植物。核酶和类病毒的分子生物学研究成果也被应用于构建抗病毒作物。

环境病毒学方面，80年代开始建立队伍，主要研究环境病毒污染与经济建设的关系，特别是与人体健康的关系，病毒的控制与去除以及有关的实验技术。目前主要集中研究水环境中病毒生命活动的规律，揭示环境因素和消毒剂等作用于病毒的机制，为控制病毒污染提供理论依据。

关于昆虫病毒学，在我国的发展分为两个阶段。第一阶段主要针对蚕类病毒病和农林害虫的病毒病进行了应用基础研究；第二阶段广泛调查了我国昆虫病毒资源，已开始利用约十余种病毒防治害虫，并已大面积应用。此外，还应用杆状病毒作为外源基因的表达载体，成功地表达了一些产品的基因。

参考文献

高尚荫：《中国病毒学研究三十年》，重庆：科学技术文献出版社重庆分社，1980。

国家自然科学基金委员会：《自然科学学科发展战略调研报告 · 微生物学》，北京：科学出版社，1996。

司稺东等：《噬菌体学》，北京：科学出版社，1995。

（程光胜）

昆虫病毒 (Insect Virus)

广义的昆虫病毒包括可以在昆虫体内增殖而使昆虫得病的昆虫病原病毒和以昆虫为中间介体能感染其他动物或植物的虫媒病毒。昆虫病原病毒对有益昆虫的病毒病的防治和对有害昆虫的生物治理具有重要意义，是昆虫病毒研究的主要对象。

我国的昆虫病毒研究始于50 年代，早期主要从事家蚕病毒病的研究，并发展建立了昆虫细胞培养实验技术，至今已建立了20 多种细胞系，为后来研究昆虫病毒的离体复制、分子生物学及工程病毒表达外源基因等奠定了基础。70 年代后开始研究昆虫病毒用于农林害虫的防治，对我国丰富的昆虫病毒资源进行了调查、收集、研究和开发，截止到90 年代中期，我国已从近200 种昆虫中分离得到250 多株昆虫病原病毒。武汉大学病毒研究所的《中国昆虫病毒图谱》和张立人的《中国昆虫病毒电子显微镜图谱》，对我国分离的众多昆虫病毒的形态结构和复制过程进行了较好的总结。我国对昆虫病毒特别是对杆状病毒进行了大量的杀虫应用基础研究，包括病毒毒力、宿主范围、特异性、安全性、病毒生态学和流行病学。在国家“七五”、“八五”攻关项目的支持下，对病毒的增殖和生产、病毒杀虫剂的生产工艺和剂型等进行了系统开发，研制出棉铃虫核型多角体病毒(NPV)、小菜粉蝶颗粒体病毒（GV)、斜纹夜蛾NPV、油桐尺蠖NPV、黄地老虎GV、松毛虫质型多角体病毒(CPV)、小菜蛾 GV 等病毒制剂的中试生产技术，有20 多株病毒通过小试鉴定进入大田试验。1993 年12 月，我国登记注册了第一个商业用病毒杀虫剂——棉铃虫病毒杀虫剂。目前中国科学院武汉病毒所研制的棉铃虫病毒杀虫剂已有十多个生产厂家，年产约 200 吨，年防治面积达 1 300 km^2。80 年代末，国际上兴起基因工程重组病毒杀虫剂的研究，即利用基因工程手段，对野生型病毒进行遗传改良，以达到增强毒力、缩短杀虫时间、扩大宿主范围等目的。在“九五”攻关、“863”基金等项目的支持下，我国重组病毒杀虫剂的研制工作取得了重要进展，已有3 株重组病毒进入田间中间试验，其中缺失*egt* 基因的重组棉铃虫病毒是我国首先通过国家“农业微生物遗传工程体安全管理委员会”安全性评估的重组病毒，1998 年进入田间中间试验，1999 年进入环境释放，有望在近年内进行重组病毒杀虫剂的中试生产和登记注册，在世界上率先实现商品化生产和应用。

随着昆虫病毒分子生物学的发展，我国昆虫病毒研究从早期的基础生物学如病毒的理化性质、核酸内切酶图谱、蛋白图谱等逐渐转向基因组结构与功能的研究。对中国特有的昆虫病毒如油桐尺蠖NPV、中国棉铃虫NPV、粘虫NPV、黑胸大蠊浓核病毒等的基

因组做了详尽的结构研究，GenBank 中收录了我国学者报道的大量昆虫病毒基因。在油桐尺蠖NPV 基因组研究基础上发明的基因对比排列图（Gene Parity Plot）是基因组分子进化研究的重要突破。在昆虫病毒与宿主的相互关系，尤其是杆状病毒诱导的细胞凋亡及其抑制基因的研究中，做出了有价值的研究结果。

杆状病毒表达载体在我国被广泛应用于表达各种外源基因，我国学者还构建了多启动子表达载体系统、棉铃虫NPV Bac to Bac 重组系统等有特色的表达系统用于外源基因的表达和重组病毒杀虫剂的构建。

昆虫病毒作为病毒杀虫剂和真核基因表达载体具有十分广阔的应用前景。昆虫病毒的分子分类和进化研究正在成为新的研究热点，这对于充分合理利用我国的昆虫病毒资源将起到相辅相成的作用，随着基因组结构与功能关系研究的深入，病毒与宿主之间的相互作用，将从分子水平、细胞水平、个体水平和群体水平等不同层次得以进一步阐明。这些研究将为构建重组病毒杀虫剂提供新的策略和杀虫基因，随着重组病毒商品化生产关键技术的突破，将最终获得理想实用的病毒杀虫剂产品。

参考文献

吕鸿声：《昆虫病毒与昆虫病毒病》，北京：科学出版社，1982。

武汉大学病毒研究所，中国昆虫病毒资源与生防研究组：《中国昆虫病毒图谱》，长沙：湖南科技出版社，1986。

庞义：昆虫病毒病，见：蒲蛰龙主编：《昆虫病理学》，广东：科技出版社，1992。

孟小林，梁东瑞，麦永强：我国害虫病毒生物防治的研究与应用，见：张芝利等主编：《中国有害生物综合治理理论文集》，北京：中国农业科技出版社，1996。

（何添福　胡志红）

遗传学

(Genetics)

在生命科学中，遗传学是一门既年轻又富有朝气的学科。在科学史上，往往把1900年孟德尔定律的再发现作为遗传学的起端，由此开始了以试验为基础寻求遗传传递规律的准确性学科的崭新时代。

遗传学从西方传播到中国，那是20 世纪20 年代以后的事了。“五四”新文化运动高举科学和民主旗帜，一些年轻有为的知识分子信奉“科学救国”的信条，他们积极引入西方科学，向国人介绍科学技术上的新思想和新发展，孟德尔遗传学说也就在这样背景下在中国传播。

遗传学在中国历经近一个世纪，它走过的是一条崎岖曲折的道路。遗传学在中国的发展有着与其他生命科学学科相同的发展规律，但还有其独特之处。特点之一是先天不足。20 世纪20～30 年代，对于刚起步的中国实验遗传学，无论在人才培养和储备上、研究经费上，还是在教学和科研选题与专门机构设置上，都处境艰难。这种局面到40 年代末也未有起色。特点之二是后天失调。1949年新中国建立以后，在我国生命科学中，没有一门学科如遗传学那么严重地受到政治、哲学、意识形态的左右和影响。遗传学在中国的发展与所处社会各因素之间的关系可看成科学与社会互动关系的一个典型案例。特点之三是顺应潮流。70 年代后，遗传学走向了产业化的道路，诱人的经济前景和解决人类面临难题的巨大潜力，使政府与专家取得共识，抓住时机，迎头赶上，追回失去的时间，发展我国生物工程，我国遗传学基础研

究和应用开发以及遗传学教学等方面取得了长足的进步。

中国遗传学的发生和发展按时间顺序可分成五大板块：开创奠基时期（20 世纪20 年代～40 年代末），学习苏联窒息时期（1949～1956），争鸣微进时期（1956～1966），“文化大革命”时期（1966～1976）和复苏发展时期（1976～至今）。

一、中国第一代遗传学家

20 世纪20～30 年代，中国一些有志于攻读遗传学的学子西渡重洋赴美深造。一些人直奔当时世界遗传学界的活动中心——加州理工学院生物学部摩尔根遗传实验室深造。他们学成回国，为发展中国生物学，特别是遗传学做出了奠基性的贡献。陈桢（1894～1957），1921 年获哥伦比亚大学的理学硕士学位后，跟随摩尔根学习遗传学。他是摩尔根实验室里进行学习和研究的第一个中国留学生。李汝祺（1895～1991），1926 年获博士学位，成为在摩尔根实验室里第一个得到博士学位的留学生。陈子英（1897～　），在摩尔根教授指导下于1926 年获博士学位。卢惠霖（1900～　），1927 年获硕士学位，1928 年完成博士学位的必修课程，1929 年秋因病回国。谈家桢（1909～　），1934 年到加州理工学院师从摩尔根及其助手杜布赞斯基（T. Dobzhansky，1900～1975），1936 年获博士学位。潘光旦（1899～1967），1926 年获哥伦比亚大学硕士学位，在这期间，聆听过摩尔根教授的遗传学等课程。

在康奈尔大学留学的学生中，有一些是通过金陵大学与美国康奈尔大学的校际关系，且受到中华教育基金的资助。这种校际交流使金陵大学每年都选派一些人去深造或合作研究。康奈尔大学对培养中国早期遗传育种学家和农业学家起到了重要作用。赵连芳（1894～1968），1926 年获博士学位后到康奈尔大学研究细胞学。李先闻（1902～1976），1926 年进入康奈尔大学研究院，师从玉米遗传学大师埃墨生（A. Emerson）学习遗传学。冯泽芳（1899～1959），1930 年到康奈尔大学研究院专攻棉花遗传育种，获硕士和哲学博士学位。李景均(1912～　），1937 年赴康奈尔大学植物育种系，师从著名遗传育种学家洛夫（H. H. Love），主修遗传学和生物统计学，1941 年获博士学位。李竞雄（1913～　），1944 年赴康奈尔大学植物育种系，师从伦多福（L. F. Randolph），1946 年获硕士学位。庄巧生、蔡旭同在1945 年留学康奈尔大学，等等。

曾先后在欧美各国学习遗传学的中国留学生有：杨允奎（1928 年，美国俄亥俄州立大学）、戴芳澜（1914 年，美国威斯康星大学、康奈尔大学和哥伦比亚大学）、戴松恩、丁颖（1924 年，日本帝国大学）、祖德明（1930 年，留学日本）、蒋同庆（1933 年，日本帝国大学）、吴绍骙（1934 年，美国明尼苏达大学）、陆星垣（1945 年，美国阿华州立工农学院）、施履吉（1946 年，美国哥伦比亚大学）、盛祖嘉（1946 年，美国哥伦比亚大学）、余先觉（1946 年，美国加州理工学院）、徐冠仁（1946 年，美国明尼苏达大学）、奚元龄（1950 年，剑桥大学）、鲍文奎（1947 年，美国加州理工学院）、刘祖洞（1949 年，美国密西根大学）等等。

二、新中国成立初期的中国遗传学

新中国成立初期，在遗传学领域里曾强制推行和灌输李森科那一套理论，用行政命令迫使遗传学家改变科学观，打击和压制摩尔根遗传学说和遗传学家，对中国遗传学发展造成极其严重的后果。在遗传学领域里，全面掀起学习“米丘林遗传学”的高潮，旨在改造、替代“孟德尔—摩尔根遗传学说”。与此同时，盲目地全面学习苏联，使苏联遗传

学思潮的李森科事件波及中国遗传学界，要求中国遗传学家，在学习苏联先进的遗传学成就的同时，更重要的是学习苏联学者的所谓“党性、阶级性和政治坚定性”，把批判代表遗传学发展主流和方向的摩尔根遗传学说作为中国遗传学界的首要任务。自1950年开始，苏联专家陆续来华宣传、传播米丘林学说，对中国的摩尔根遗传学派的学者进行攻击，企图使米丘林学说一统中国生物学界。1949年12月，苏联科学院遗传研究所副所长斯托列斯夫到中国讲学。1950年以后，还有多人来中国讲学。

中央农业部决定自1952年10月至1953年2月由苏联专家主持，在北京举办一次全国规模的米丘林植物选种及良种繁育讲习班。这是一次在中国农业科学领域里影响最深、涉及面广泛及规模最大的一次活动。苏联专家不仅“传授了苏联先进的米丘林生物科学，同时对资产阶级形而上学的伪科学观点在我国农业科学工作中遗留的影响，做了深刻的检查和批判”。当时任北京农业大学校务委员会主任的乐天宇是米丘林学说在中国的一位狂热的鼓吹者和推动者，他对米丘林学说在中国的传播起了推波助澜的作用。解放以后，他掌握北京农业大学的最高行政职位，同时控制着“中国米丘林学会”，这为他推行米丘林学说创造了有利的条件。1951年3月，虽然乐天宇被解除了北京农业大学的领导职务，1952年6月的《人民日报》上发表的文章也公开批判乐天宇的错误，但文章的基调仍然是学习苏联先进经验，强调米丘林生物学是惟一正确的、以马克思主义为指导的科学，并提出要刻不容缓地批判唯心的摩尔根主义的伪科学。文章发表后，在全国范围内继续全面推行李森科学派和批判摩尔根学派。1951年9月，在全国范围内开展知识分子“思想改造运动”，使那些持摩尔根遗传学观点的生物学家和农业育种学家等纷纷公开自己的“反动学术思想”，做了违心的公开检查。1952年后，中国遗传学界的一边倒状况愈来愈严重，再加上苏联专家的直接和间接的干预，已经容不下摩尔根学派在中国存在了。

在这种形势下，中国科学院和高等教育部于1956年在青岛召开遗传学座谈会，会议旨在扭转遗传学在中国发生的种种不正常情况，并在遗传学上贯彻党的“百花齐放、百家争鸣”的方针。历时15天的“青岛遗传学座谈会”于1956年8月10日正式开幕，参加代表有116人，遗传学界的两派主要学者都应邀参加了会议。“青岛遗传学座谈会”是解放初期在自然科学中第一次较大规模的学术讨论，在中国的遗传学发展历史上具有重要地位，是一次历史性的转折。“青岛遗传学座谈会”的一个积极成果就是促进建立专门研究生物遗传学的国家级研究机构。1959年在北京成立了中国科学院遗传研究所；1961年在上海成立复旦大学遗传研究所。显然这两家研究机构在较长的一段时间里的研究工作及成果与当时的国际水平相差甚远，但不管怎样，它们为中国日后在遗传学研究上的长足进步奠定了基础。

自1957年以来，政治运动接连不断，一次又一次掀起批判摩尔根学说和持有摩尔根学派观点的学者的高潮，使遗传学在中国险遭扼杀的厄运。由于中央采取了一系列的措施，纠正错误，使我国遗传学界顿时活跃起来，重新开展遗传学问题的全国性讨论，初步形成学术争鸣的良好气氛。

三、“文化大革命”时期的中国遗传学

“文化大革命”几乎毁灭了中国的遗传学。当时再次批判摩尔根学说，并提出来自资产阶级西方的摩尔根学说和来自修正主义苏联的李森科学说都是反动的，都必须彻底

批判，彻底打倒。

这一时期与育种有关的遗传学研究结果主要是：1. 稻、麦、棉、玉米、豆类、麻类等作物的个体发育，特别是阶段发育的研究；2. 通过有性杂交对遗传规律的揭示做了一些工作，包括小麦的早熟性的遗传，水稻的株高、生育期、分蘖性、穗粒数等性状遗传以及变异趋势，对玉米杂交种的生育期、生长势及植株形态、抗逆性、雌雄穗发育、籽粒营养成分、产量等性状的遗传规律及杂种优势研究，远缘杂交获得了一些遗传学与育种学上有意义的类型；3. 数量遗传与育种研究展示了新的前景。

在基础理论研究方面，有价值的工作大致有：微生物遗传转化及其在育种中的应用、植物的体细胞杂交、线粒体互补与杂种优势等研究。在医学遗传学研究方面，1974 年建立中国人外周血、羊水细胞培养技术，G 显带、C 显带、X 小体等一整套20 世纪70 年代细胞遗传学技术。

四、“文化大革命”后的中国遗传学

1. 中国遗传学会成立和发展

中国遗传学会成立于1978 年，同年加入中国科学技术协会。1978 年以来已召开六届全国代表大会。李汝祺、谈家桢、李振声曾任第一至五届理事长。第六届理事会理事长为复旦大学赵寿元。现有会员1.2 万人。中国遗传学会下设6 个专业委员会，还有科普教育、青年工作及编辑委员会。每年活动在10 次以上。方宗熙、吴旻、庚庆汉等曾担任过普及工作委员会的负责人。

中国遗传学会成立 20 多年来，共举办 200 余次学术活动，这些活动涉及人类、医学、动物、植物以及伦理法学等各个方面。通过会议交流，展示了最新的研究成果，并将一批青年学者推向学术舞台。在这些活动中，学者专家认为“伦理法学和社会问题”是随着科学进步和基因组研究以及克隆、安乐死、艾滋病等而应该引起重视的问题。从事遗传学各分支领域的科学工作者应与伦理学家、法学家和社会学家一道，以崭新的伦理道德观念对人类所面临的由生物科学高技术发展带来的难题做出正确的反应，在科学界建立相应的科学道德规范，为国家决策机构提供制定既有利于生命科学、医学发展，又有利于地球上生命质量及周围环境的法规和政策的社会学基础和哲学基础，把伦理学的工作推向深入。这也是今后学会工作的重点之一。美、英、法、日、德、中等6 国参与的人类基因组计划“工作框架图”的完成是2000 年自然科学史重要的里程碑。所有人类基因的鉴定与人体奥秘的阐明已初见曙光。中国遗传学会基因组委员会不失时机地开展了这方面的学术交流。

中国遗传学会的科普宣传工作，自学会成立之日起就得到理事会的重视与支持，相继召开过六次科普工作会议，多次开展科普宣传专场。自1990 年起中国遗传学会组成了科普宣传队和医疗队后，科普工作形成一种制度，即每年开展一次大型科普宣传与义诊活动。科普宣传的重点主要是遗传流行病的调查和遗传疾病知识的普及并配合义诊，为临床医生讲授遗传学的基础知识。

中国遗传学会下属的 3 个刊物——《遗传学报》(2000 年从双月刊改为月刊)、《激光生物学报》和《遗传》杂志都取得了一定成绩。

中国遗传学会 1980 年加入国际遗传学联合会，并组团先后参加过1983 年、1988 年、1993 年在印度、加拿大、英国召开的第十五、十六、十七届国际遗传学大会，主办过多次大型国际会议。其中1998 年在北京召开的第十八届国际遗传学大会由李岚清副总理担任大会名誉主席，谈家桢任主席，大会代表 2 000名。这次大会取得圆满成功，国际遗传

学联合会主席称“这次大会是成功的，可以成为今后国际遗传学大会的模板”。

2. 农作物遗传育种的发展

1979～2000年，农作物遗传育种研究取得很大进展。(1)在全国范围内大规模补充征集各种农作物品种资源，在全国重点和边远地区开展大豆、水稻、小麦等农作物的地方品种和边缘野生种的考察收集工作，在此基础上进行整理、鉴定和研究。至1995年底，已对粮、油、棉、麻、烟、糖类等多种作物约20万份种质资源进行了特性鉴定，共获得115万个数据。对这些材料还进行了综合评价或细胞学鉴定。已建成国家作物种质资源信息系统以及染色体和同工酶图像分析系统，获得现有162种作物、35万份种质资源的信息2 000万个数据项，实现集中管理。“九五”期间，不少单位应用形态学、细胞学、遗传学和分子遗传学等相结合的方法，进行作物种质资源的研究和创新，都取得了可喜成绩。(2)为了适应新形势，作物育种目标逐渐从单纯追求高产，转变为将高产、优质、多抗等综合优良性状列为作物育种主要目标，并围绕选育新品种，相应地安排了育种新技术、亲本创新、鉴定方法以及一些基础研究工作，使得新品种选育水平不断提高。在此期间，新育成品种的抗性明显提高，品质育种和专用型品种选育取得突破性进展，并且育成一大批高产、优质、多抗等综合性状优良的新品种。(3)重视农作物育种理论和方法研究，在育种方向上，先后提出了大穗大粒、叶型模式、理想株型、最佳谷草比、穿梭育种等理论；大力发展推广农作物杂种优势利用，特别是80年代以来，在成功地选育出粳型光敏不育系后，又在籼型光温敏不育系的选育上取得突破。在两系法水稻研究的推动下，小麦、大麦、油菜、大豆等作物也发现了光温敏不育现象，进一步开展了两系法不育系的选育和杂交组合的测配研究。(4)生物技术与化学诱变剂的进一步开拓应用，特别是组织培养、基因导入、基因重组等生物技术研究领域取得很大进展。利用这些成果，将使生物技术更有效地应用于作物品种改良。生物技术与常规育种技术相结合的作物育种新途径，将大大提高育种工作者的遗传操作技能，逐渐实现按人类需要定向育种，为农业生产发展做出更大贡献。

3. 人类和医学遗传学的发展

1978年起，在中国遗传学会人类和医学遗传委员会以及后来成立的中华医学会医学遗传专科分会等学术组织的推动下，人类和医学遗传学的研究全面复苏。在人类细胞遗传学方面，染色体制备技术包括各种显带技术迅速普及，成为临床上应用最广的遗传检测手段，并陆续鉴定了1 200种以上国际首报的人类异常核型。在人类单基因病遗传学方面，组织了对血红蛋白病（包括异常血红蛋白综合征和地中海贫血）、葡萄糖-6-磷酸脱氢酶缺乏症和苯丙酮尿症的大规模群体调查，基本上摸清了这些疾病在中国的发生率和流行病学特点，以及具中国特色的基因突变类型等。通过DNA分子杂交和DNA体外扩增等手段能进行基因诊断的单基因病有：苯丙酮尿症、进行性假肥大型肌营养不良、肝豆状核变性、血友病A、血友病B、脊肌萎缩症、成人型多囊肾、脆性X综合征A、亨廷顿氏病、遗传性脊椎小脑共济失调、软骨发育不全、高雪氏病、溶酶体贮积病、性反转综合征、β-地中海贫血、对氨基马尿酸尿症，等等。此外，还进行了血友病B基因治疗的探索。在人类多基因病遗传学方面，进行了唇裂等先天畸形的群体发病率调查、遗传率计算以及亲属中再发风险估计等研究。在肿瘤遗传学方面，对肿瘤和其他实体瘤以及白血病的细胞遗传学，对食管癌、原发性肝癌、

急性早幼粒细胞白血病的分子遗传学进行了长期的系列研究，取得了举世瞩目的成果。在人类群体遗传学方面，若干个研究集体分别从各自的研究领域（如对白细胞抗原等位基因频率的分布研究、对免疫球蛋白Gm 同种异型的研究、对大量遗传标记遗传多态性的研究、对中国人群基因频率的主成分分析、对中国汉族与主要少数民族DNA 样本进行遗传相互关系的研究等)得出了相似的结论：中华民族大家庭可细分为南北两大群体。这一时期有几项创新性成果受到国际重视。例如：1990 年计雪文等首报X-连锁的进行性胸背型营养不良；1991 年胡诞宁等报道抗生素诱发耳聋的易感性为线粒体遗传；1994～1995年费虹明等报道了在傣族和彝族中发现2 个HLA 新等位基因。陈竺和陈赛娟等于1990年与若干国外研究集体几乎同时报道了急性早幼粒细胞白血病的特异性染色体易位及其分子机理，1993 年又首报该白血病的一种新的染色体易位及其分子机理，1996 年还报道了用三氧化二砷制剂治疗该白血病的临床疗效及其作用机制，使中国在国际白血病遗传学研究中处于醒目的位置。

令人欣喜的是，在世纪之交，中国人类和医学遗传学涌现出一大批原始创新研究成果，标志着一个全新的成长时期已经来临。中国学者完成了人基因组全序列1％的测序任务。全国有若干个研究单位致力于人类新基因的分离、克隆、定位和特征分析，仅复旦大学遗传学研究所报道的已近五十种；其他单位报道的疾病相关基因有：骨质疏松—假性神经胶质瘤综合征基因*LRP*5，神经性高频耳聋基因*GJB*3，短指畸形基因*IHH*，无精症基因*ZNF*463，遗传性乳光本质Ⅱ基因*DSPP*，位于10q11.2 的无恒齿即“贺—赵缺乏”基因，等等。在肿瘤遗传学及多基因病遗传学方面，中国学者对食管癌、胃癌、鼻咽癌、原发性肝癌、原发性上颌面部鳞状细胞癌以及Ⅱ型糖尿病和原发性高血压等易感性基因的鉴定引起国际重视。需要指出，中国学者有几项研究成果标志着中国的人类和医学遗传学研究已从分析单个基因发展到分析基因家族、作用途径或作用系统中的多个基因及其相互作用。例如：与下丘脑—垂体—肾上腺轴重要生理功能有关的200 条新基因的全长cDNA 克隆和测序；在急性早幼粒细胞白血病细胞分化过程中受全反式维甲酸调控的169 个基因及其表达网络；在$CD34^+$造血干细胞/祖细胞中表达的300个基因的cDNA 克隆和功能分析；关于乙型肝炎病毒阳性肝细胞癌基因表达谱的全面特征描述。用人类遗传学手段对人群源流迁移的研究也取得新进展。中国学者以亚洲163 个人群中12 127名男性个体为样本，用3 种Y 染色体双等位基因标记分型，其结果再次支持东亚现代人起源于非洲的假说。

4．中国遗传工程的发展

1977 年2 月，中国科学院在北京召开遗传工程研究工作会议，这是我国第一次召开的遗传工作会议。会议制定了1977～1980 年规划和1977 年计划。1978 年全国科学大会把遗传工程列为国家科技八大重点发展领域之一。1982 年国家科委“六五”攻关支持了第一批基因工程项目。选择乙肝表面抗原基因工程疫苗作为主攻课题。1983 年11 月经国务院批准建立了中国生物工程开发中心。刘永辉在1985～1996 年任中国生物工程开发中心主任、“863”生物领域委员会委员；丁勇于1996～1999 年任该中心主任、“863”生物领域办公室主任、专家委员会委员；刘谦从1999 年至今任该中心主任、“863”生物领域办公室主任。1986 年，国家将生物技术列入国家重点科技攻关计划和“863”高技术发展计划，使我国基因工程进入一个大发展时期。

在基因工程基础研究方面，开展了大肠杆菌表达系统、酵母表达系统、哺乳动物细胞表达系统、昆虫表达系统和哺乳动物个体表达系统等研究。在基因工程药物和疫苗方面的成果有：乙型肝炎表面抗原基因工程疫苗和K88-K99仔猪腹泻基因工程疫苗的中试研究，以及α-干扰素、γ-干扰素、白细胞介素-2、人生长激素等。在农业基因工程方面的成果有：猪生长激素、鱼类基因转移定向育种、转苏云金杆菌杀虫蛋白基因的烟草及其抗虫性研究、利用TMV外壳蛋白基因培育抗TMV转基因烟草，以及抗除草剂、抗盐、耐旱转基因作物等研究。

从1986～2000年，由于“863”计划和三个五年计划的国家科技攻关，我国生物技术的主体基因工程的研究、开发以至产业化都得到蓬勃的发展：

基因工程疫苗　乙型肝炎表面抗原基因工程疫苗，是我国最早自主研制的第一个医用基因工程疫苗；霍乱基因工程菌苗，即将取得新生物制品证书；痢疾双价工程菌苗，已获国家卫生部颁发的新生物制品证书；仔猪腹泻基因工程菌苗，已生产并在养猪业得到广泛应用。

多肽和细胞因子的基因工程药物　α1b型干扰素已成为我国第一个一类基因工程新药；人基因工程α2a型干扰素，作为二类新药已取得准字号生产文号；人基因工程γ-干扰素，已有药品供应市场；人基因工程白细胞介素-2已于1997年进行生产；重组人生长激素已有产品供应市场；基因工程链激酶已获生产文号；重组人粒细胞－巨噬细胞集落刺激因子已获生产证书；基因工程粒细胞集落刺激因子已进行生产；基因工程肿瘤坏死因子已获新药证书；重组人胰岛素已获得新药证书；基因工程表皮生长因子已取得新药证书和试生产文号。进入90年代以来，已有12个基因工程药物投入生产，生产厂家有30多家。目前在产业化方面存在的主要问题是：基因工程药物仿制多，创新少；基因工程药物生产的盲目性和重复性，处于无序竞争状态；产业化规模小、品种少，年销售额不高。

基因治疗　我国基因治疗的研究取得了一些重大进展：血友病基因治疗在临床上获得成功；恶性肿瘤的基因治疗已通过药审，正进行一期临床试验。另有用重组腺病毒介导的反义癌基因治疗肝癌、地中海贫血病的基因治疗，以及心血管病和神经性疾病的基因治疗均处于实验室研究阶段。

转基因动物　转基因鱼育种方面已育成当代转基因鱼，为转基因育种的实用化打下基础；转基因瘦肉型猪育种研究方面，已获得快速生长的转基因猪，并生产出G_3代转基因猪；动物乳腺生物反应器研究方面，已获得转基因山羊。

转基因农作物　抗烟草花叶病毒的转基因烟草研究方面，已构建成功抗TMV的烟草转基因植株并进行了大田试验；基因工程抗虫棉花研究已达到国际同类研究水平。

为了促进、推动我国生物工程研究的快速发展，1993年6月7日建立了中国生物工程学会。学会选举产生了由68人组成的第一届理事会，理事长为谈家桢。1997年9月举行第二次代表大会，选举产生了由80人组成的第二届理事会，名誉理事长为谈家桢，理事长为莽克强。2001年6月在第三次代表大会上选举产生第三届理事会，谈家桢为名誉理事长，陈竺为理事长。

参考文献

谈家桢，赵功民主编：《中国遗传学史》，上海：科技教育出版社，2002。

（赵功民）

进化论（The Theory of Evolution）

进化论是有关生物界发展和演化的理论，是生物学中最基础、最综合的理论。生物进化的思想和观点渗透到生物学的各个领域，为生物学各分支学科的建立和发展提供了必要的理论基础。自然界中的不同生物类群在形态、生理、行为和适应等方面所表现出的各种复杂现象只能在进化理论的基础上得到统一的解释。现代的进化理论不仅仅是一种思想理论，它已发展成为一个专门研究生物进化的历史过程、进化的原因以及进化机制的特殊的学科领域，即进化生物学（evolutionary biology）。在为生物学各分支学科的发展提供思想理论基础的同时，生物进化理论也在不断吸收和综合生物学各个学科领域的研究成果，不断地发展和完善。

19 世纪中叶，达尔文《物种起源》（*The Origin of Species by Means of Natural Selection*）的发表，标志着人类对生物界认识的重大进步，以自然选择理论为基础的生物进化论科学地解释了物种的起源和发展，阐明了生物界发展的基本规律，在生物学领域完成了一次伟大的思想革命。19 世纪末，达尔文学说逐渐传入中国。1898 年，严复首先编译出版了我国第一本系统介绍达尔文学说的书籍《天演论》，对达尔文“物竞”、“天择”的进化思想进行了详细的介绍和评述。此后，介绍达尔文生平和学说的文章和书籍相继出版。1903 年，李郁根据《达尔文自传》编译出版了《天演学者初祖达尔文传》，除介绍达尔文的生平外，还特增加了“达尔文以前之生物学”和“天演学”两章，使读者在了解达尔文生平的同时，也能了解基本的进化原理；1915 年，我国现代生物学先驱秉志在《科学》创刊号上发表“生物学概论”一文，从不同角度分析了达尔文进化学说的意义，他还节译了达尔文《动物和植物在家养条件下的变异》一书中的部分章节连载于《科学》第一卷第二、三、六期上；1902 年和1903 年，马君武就曾将《物种起源》一书中的第三章“生存竞争”和第四章“自然选择”择译为中文，并分别以《达尔文物竞篇》和《达尔文天择篇》单行本出版，此后，又于1920 年将《物种起源》全书译成中文，取名《达尔文物种原始》，分四册由中华书局出版。这些文章和书籍的发表进一步扩大了达尔文学说在中国的影响。

在20 世纪初，由于孟德尔遗传定律的重新发现和德弗里斯（H. de Vries）突变理论的发表，暴露了达尔文学说中关于遗传变异理论的弱点，从而引起了人们对生物进化机理的探讨和研究，少数学者根据突变学说对达尔文的自然选择理论提出了怀疑，甚至否定。对此，我国生物学界也给予了高度的重视，在《科学》杂志上，连续发表了“新天演说”、“天演新义”和“达尔文学说今日之位置”等文章，在反对否定达尔文学说的同时，也积极介绍进化理论发展过程中的新思想、新观点。胡先骕在“达尔文学说今日之位置”一文中就指出：“排斥达氏学说之言，激昂过当，盲从不察，被害无限，信矣。然以数人言论不中情理，遂于反对达氏学说之言充耳不闻，又不可也。达氏学说中情入理，根基稳固，摇动维艰，固也；然其弱点繁多，彰然可靓，又平情之论也，达氏学说之弱点诚不可掩矣；而于他人能于达氏学说补偏救弊者，又掩耳而走，是固步自封，不求进益也。吾人为学，志在求真，是是非非，不宜偏党。”这表现了我国早期生物学家对达尔文进化学说科学的、实事求是的理解和认识。20 世纪上半叶，我国近代自然科学一直处于比较落后的状况。在这段时间里，有关进化论的工作主要是传播和宣传，但在科学研究方面也做了一些工作。陈桢是我国较早在生物

进化领域开展研究工作的学者，在20年代初，他就以生物进化的思想为指导，对金鱼变异、遗传和演化的规律进行研究，并陆续发表了“金鱼外形的变异”(1925)、“透明和五花，金鱼中第一例孟德尔式遗传”(1928)和“金鱼蓝色和棕色的遗传”(1934)等研究论文。特别值得指出的是，1929年，我国古人类学家裴文中发现了“北京人”的第一个头盖骨化石，为研究人类的起源和进化提供了极为重要的证据，产生了震惊世界的影响。

20世纪50年代以后，生物学各分支学科都得到迅速的发展，尤其是古生物学、群体遗传学和分子生物学的发展，为研究生命的起源和进化提供了许多新的证据，并提出了许多新的进化观点和进化学说。在这种背景下，我国学者一方面积极地了解、吸收国外的新思想、新观点，另一方面，从理论探索的角度积极开展生物进化研究，探索生命起源和进化的机制，同时将生物进化思想应用于指导生产实践，取得了一些显著的成就。

1956年8月在青岛召开的遗传学座谈会是我国遗传和进化学界一次具有历史意义的会议，是排除了李森科思想的禁锢以后，不同学派相互交流、百家争鸣的一次盛会，该座谈会虽以遗传学为主题，但很多议题，诸如遗传与环境的关系、遗传与系统发育等，都与进化论有密切的联系，对我国六七十年代生物进化的研究产生了广泛的影响。80年代，为纪念达尔文逝世100周年，中国科学院和中国科协在北京举行了“纪念达尔文逝世100周年学术研讨会”，并出版了《纪念达尔文逝世100周年学术论文集》。90年代，为交流生物进化研究中的新理论和新方法，探讨生物进化理论的发展现状和发展趋势，推动生物进化研究在我国的开展，中国科学院在香山组织召开了以“生物进化的新理论和新方法”为主题的第79次香山科学会议，组织国内有关专家围绕自然选择理论的发展及其面临的挑战、系统发育重建理论和方法的发展、分子进化研究的现状和趋势、生物进化的速率和式样以及进化理论在生物学中的地位及我们的对策等问题进行了广泛而热烈的讨论。

20世纪下半叶，我国在生物进化研究各个领域都有所发展。赵玉芬等通过对N-磷酰化氨基酸及其肽衍生物进行了研究，发现这些生成物具有磷酸酯交换、磷酰基转位以及自身长大等生命现象，针对这种以磷酰基为中心的有机协同效应在核酸、蛋白质和糖的生化过程中所起的作用，提出了“磷是生命化学过程的调控中心”的学术观点，并在生命起源研究领域独辟蹊径，提出了“核酸与蛋白质共同起源”学说，引起世界的关注。张昀通过长期的野外工作，发现了世界上极为罕见的保存有细胞和组织分化的原植体植物的化石以及距今约6亿年的多细胞动物胚胎化石，受到国际古生物学界的高度评价，被认为是“打开了透视前寒武纪生命的窗口”。动物学家陈世骧、陈宜瑜等致力于动物遗传变异和进化规律的研究，并积极从理论角度探讨物种的概念以及物种形成和分化的机制。陈世骧编写的《进化论与分类学》曾获1978年全国科学大会奖和中国科学院重大科技成果奖。洪德元领导的“系统与进化植物学国家重点实验室”则着重研究植物物种形成的过程以及植物系统发育和进化的机制，并以生物进化思想为指导，积极开展濒危植物致濒机制和保护措施的研究。在进化的分子基础方面，以谈家桢为代表的进化遗传学家对瓢虫、果蝇等类群性状变异的遗传基础进行了深入研究，对不同类群种内、种间遗传物质的结构特点及其变异式样进行了分析，为探讨物种形成和分化的分子机制提供了很多有用的资料。

20 世纪50 年代以后，一批有关现代进化理论的经典著作被相继译成中文，包括杜布赞斯基（T. Dobzhansky）的《遗传学与物种起源》、史旦宾斯（G. L. Stebbins）的《植物的变异和进化》、木村资生(M. Kimura)的《分子进化中性理论》、F. J. Ayala 和J. W. Valentine 合著的《现代综合进化理论》以及D. J. Futuyma 编写的《进化生物学》等。与此同时，也出版了一批由我国学者编写的进化论教材，包括朱洗编写的《生物的进化》(1958)、郭学聪编写的《达尔文主义》(1961)、方宗熙和江乃萼编写的《进化论》(1986)、李难编写的《进化论教程》(1990) 和张昀编写的《生物进化》(1998) 等。

现代进化理论既是现代科学，又包含着人类文明的思想精华。现代进化理论在揭示生物界发展和演化基本规律的同时，也带给人们一种新思想、新观点。19 世纪，达尔文进化学说的提出，促进了人类自然观的一次大变革，使人们认识到生物界是连续的、发展的、变化的；20 世纪，普里高京（I. Prigogine）耗散结构理论的提出，则进一步证实了非生命系统中也存在从混沌到有序的、类似生物进化的演化行为，证实了演化规律是自然和社会发展的普遍规律，从而推动和完成了人类科学观念的又一次重大变革。随着人类对自然界认识的不断深入，生物进化理论也将不断得到补充和完善。目前，发育生物学的发展和对生物基因组结构研究的不断深入，将为生物进化研究提供愈来愈多的有重要参考价值的资料，形态发育和进化的奥秘最终只能从基因组的结构中去寻找，在阐明控制发育的遗传程序的基础上，可以从发育的遗传机制进化的角度进一步研究形态进化的过程，最终实现遗传、发育和进化的理论大综合。

参考文献

董光璧主编：《中国近现代科学技术史》，长沙：湖南教育出版社，1995。

郭学聪：论达尔文学说在中国的传播，《遗传学集刊》，1：71～90，1956。

《进化论选集》编辑委员会：《进化论选集》，北京：科学出版社，1983。

张昀：《生物进化》，北京：北京大学出版社，1998。

（杨 继）

哺乳动物核型进化 (Karyotype Evolution in Mammals)

核型（又称染色体组型）通常指有丝分裂中期所观察到的一个物种或细胞的整个染色体组，其主要形态特征包括染色体数目、大小、形状等。世界上大约有4 300余种哺乳动物，绝大多数哺乳动物具有其独特的核型。核型是物种稳定的遗传性状，其遗传遵循孟德尔遗传规律，因此在分类学上核型可作为物种鉴定的重要指标。核型进化主要以体细胞的有丝分裂中期染色体为研究对象。哺乳动物的体细胞为二倍体，含有分别来自父母双亲的两组同源染色体。如人类的核型为 $2n = 46$，由 22 对常染色体和一对性染色体构成。尽管哺乳动物二倍体染色体数目 (2n) 变化范围很大，从雌性赤麂（*Muntiacus muntjak vaginilas*）的 $2n=6$，到南美胶鼠（*Tympanoctomys barrerae*）的$2n=102$，但是所有哺乳动物的核型都是从同一个祖先演化而来，大约由 3×10^9 个碱基对组成。这些DNA 分子和组蛋白相结合，然后再以特定的方式折叠组装，形成染色体。染色体数目和结构的变异造成了现生哺乳动物的种间核型差异。核型进化研究属于比较细胞遗传学的主要研究内容，主要通过比较分析不同物种间核型的异同，特别是同源染色体片段在不

同物种中的分布、组合和排列，来推测进化过程所发生的染色体重排的类型、数目和趋势以及核型演化在物种起源和演化中的作用。在哺乳动物染色体进化研究中，同源染色体（即二倍体细胞内部的分别来自父母双方的含相同基因的染色体以及不同物种间来源于同一祖先的染色体或染色体片段）的鉴别是关键和核心研究内容。

哺乳动物的核型进化研究迄今已有大约40余年的发展历史。根据研究手段和水平的不同，可分为以下几个阶段。从60年代初到70年代初为基本核型资料积累阶段。其间，低渗处理、组织培养和秋水仙素处理等技术的发明使细胞遗传学家可以准确地观察不同物种在染色体数目和形态的异同。但是，除染色体的数目、臂数、臂比和相对长度等特征外，尚无可靠的染色体分析和鉴别手段。1970年前后，Q－带、G－带、R－带和C－带等一系列染色体显带技术的发明和应用，将染色体研究推向一个新水平，使人们首次可以通过比较核型分析，鉴别同一细胞内的每一对同源染色体和比较近缘物种间的核型的同源性。人与其他主要灵长类的比较染色体图谱和核型系统发生树的建立，体现了这一时期的研究成果。80年代染色体分带技术与比较基因定位技术相结合，使得人们可以比较某些不同目的物种的核型，如人和家猫的核型比较研究。90年代初，染色体荧光原位杂交等技术的广泛应用，特别是人、小鼠、大鼠以及主要家养动物基因组计划的蓬勃发展，给哺乳动物核型进化研究带来了又一次复兴，进入了分子细胞遗传学新时代。细胞遗传学家们首次可应用比较染色体涂色和高分辨基因定位技术，在整体水平上系统地比较所有哺乳动物核型的同源性。迄今，已建立了分化时间已达近亿年的代表着哺乳类11个目的物种的比较染色体图谱。这些研究进一步加深和改进了我们对哺乳动物核型进化的染色体机制和规律的认识。

核型进化的染色体机制　研究表明，哺乳动物的核型进化过程中主要发生了染色体易位、染色体倒位和异染色质扩增等三大类型染色体重组。染色体易位可再分为相互易位、着丝粒融合、着丝粒分离和染色体串联融合等四种类型。相互易位指染色体片段在非同源染色体间的相互交换，对物种的染色体数目无影响。着丝粒融合又称罗伯逊融合，指两条端着丝粒染色体在着丝粒部位相连接，可导致物种的染色体数目减少；着丝粒分离则恰好与着丝粒融合相反。串联融合又称串联易位，是指多条染色体的头—头、头—尾或尾—尾相接，串联易位在进化上比较少见，可造成染色体数目大幅度减少，是我国及东南亚特有的麂属动物的主要核型进化机制。染色体倒位是指染色体片段在同一染色体上的移动。根据断裂位点在染色体上的分布情况，可再分为臂间倒位和臂内倒位两种。其中，臂间倒位对染色体数目无影响，但在某些情况下会影响染色体臂数，而臂内倒位对染色体数目和臂数均无影响。所有染色体异位和倒位均导致染色体上基因排列和连锁关系的改变。异染色质扩增则导致不同物种基因组在DNA含量和染色体臂数上的差异。尽管核型多倍体化在植物和两栖爬行动物中较为常见，但是目前已知的哺乳动物核型均为二倍体。

关于核型进化的速率和趋势　比较染色体显带、涂色和基因定位研究表明，一般情况下哺乳动物的核型是高度保守的，亲缘关系较密切的物种具有相似的核型，但是同时也不乏核型高度分化的类群，如啮齿目的小鼠和大鼠，食肉目的犬科和熊科动物，灵长目的长臂猿属动物和新大陆猴，偶蹄目鹿科的麂属动物等。核型进化无恒定的速率，即

无“分子钟”可循，时快时慢。但进化过程中所发生的染色体重组的数目是非常有限的。小鼠的核型是迄今所发现的核型重组最为复杂的哺乳动物，人类的23 对染色体对应于小鼠20 对染色体上的约180 个同源片段。所有哺乳动物的核型是由约40 到 180 个进化中保守的染色体片段组成的，正是这些片段的不同组合和排列才塑造了现生哺乳动物的形形色色的核型。关于核型进化的趋势曾有两种相互对立的假说：染色体融合假说认为哺乳动物的核型是朝着染色体数目不断减少的方向进化的，而染色体分离假说则认为哺乳动物祖先的染色体数目较少，核型是朝着染色体数目不断增加的方向进化的。但比较细胞遗传学研究表明哺乳动物的核型进化无固定趋势，核型进化的方向依分类类群而异。

核型进化在物种形成中的作用　对于绝大多数哺乳动物而言，核型随物种的不同而异，也就是说核型的演化紧密伴随物种的起源过程。究竟核型分化是物种趋异的原因还是结果，这作为核型进化研究的重要议题之一，目前尚无定论。研究表明核型的变异是造成哺乳动物种间杂交杂种不育的主要原因之一，这提示核型分化对维持种间生殖隔离，促进物种的进一步分化有重要作用。

我国的研究现状　我国的哺乳动物核型进化研究始于70 年代后期，中国科学院昆明动物研究所已故细胞遗传学家施立明领导的实验组首先开辟了中国珍稀、特有哺乳动物的核型进化研究。他们的研究成果填补了国际上关于我国一些特有动物的核型资料的空白。其中，有关麂属动物的核型进化研究较为系统和深入。施立明的关于赤麂核型进化的串联易位假说，曾在国际上产生了重大影响。麂属动物分布于我国南方及东南亚国家。尽管麂属动物分化时间较晚（大约数百万年前），外形极其相似但不同种的麂子间，染色体数目差别巨大：如赤麂2n = 6/7（雌/雄），黑麂和贡山麂2n = 8/9（雌/雄），费氏麂2n = 13/14（雌/雄），小麂2n = 46。更为有趣的是，尽管赤麂和小麂相差20 对染色体，但是二者在笼养条件下可以杂交，产生不育、但可正常存活的后代。1975 年，根据雌性赤麂的核型由 3 对巨大的中着丝粒染色体组成，而小麂的核型由 23 对较小的端着丝粒染色体构成，美籍华人细胞遗传学家徐道觉推测，赤麂的巨大染色体可能由形态与小麂染色体相似的端着丝粒祖先染色体，经过一系列的串联融合及数次着丝粒融合进化而来。1980 年，施立明通过赤麂、小麂及其杂种的比较染色体显带分析，在细胞遗传学水平上以无可辩驳的证据证实了徐道觉的设想，并使得串联融合假说在国际上得到承认和广泛应用。进入90 年代，该实验组利用国际上最先进的染色体分离和比较染色体涂色技术，在分子细胞遗传学水平上，建立了赤麂和小麂的所有染色体的比较染色体图谱（图8）。证明所有麂属动物的核型可能由一个2n = 70 的祖先核型进化而来，从而进一步证实并丰富和发展了该假说。

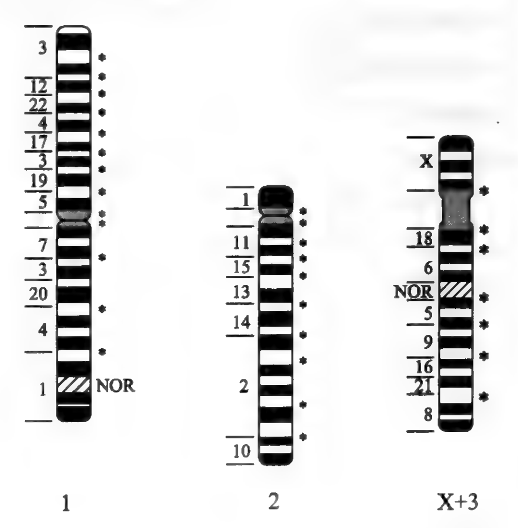


图8　小麂和赤麂的染色体对应关系。该图是根据小麂染色体特异涂色探针与雌性赤麂染色体进行荧光

原位杂交的结果建立的。位于赤麂染色体模式图下面的数字（1，2，X+3）代表赤麂的染色体编号，左侧的数字（1～22，X）为小麂的染色体编号。除小麂1，3，4，5号染色体分别与2～3个赤麂的染色体片段同源外，其他小麂染色体各自分别与赤麂染色体上的一个片段同源。小麂着丝粒卫星DNA探针与赤麂染色体杂交显示，在绝大多数串联融合位点尚有祖先着丝粒卫星DNA残留（*）。详见Yang et al. 1997。

将来发展趋势　目前，人类和其他重要哺乳动物基因组计划的飞速发展，为哺乳动物的核型进化研究提供了前所未有的、准确可靠的技术手段。丰富的分子探针以及基因定位和DNA序列数据，与染色体显带、染色体涂色以及基因和细菌人工染色体（BAC）克隆的高分辨定位等比较基因组研究技术相结合，从整体上系统地研究所有现生哺乳动物的核型进化，代表着国际前沿发展趋势。有望在未来五年内重建包括哺乳动物主要分类类群的核型的系统演化树，阐明哺乳动物进化过程中所发生的主要染色体重组，再现人类基因组的进化历程。哺乳动物全基因组序列比较分析则代表着核型进化研究的最高水平，将使我们最终能在分子水平上理解核型的进化机制以及染色体进化和物种分化的关系。但只有在全基因组测序取得重大突破以后，才有望开展大规模的系统比较研究。

参考文献

Shi，L.　（施立明），Ye，Y. ，Duan，X.：Comparative cytogenetic studies on the red muntjac，Chinese muntjac and their F_1 hybrids，*Cytogenet Cell Genet*，26：22～27，1980。

施立明：细胞分类学，见：《中国大百科全书·生物学III》，北京：中国大百科全书出版社，1 803～1 804，1992。

Yang，F. （杨凤堂），Carter，N. P.，Shi，L.（施立明），Ferguson-Smith，M. A.：A comparative study of karyotypes of muntjacs by chromosome painting，*Chromosoma*，103：642～652，1995。

Yang. F. （杨凤堂），O' Brien，P. C. M.，Wienberg，J.，Ferguson-Smith，M. A.：A reappraisal of the tandem fusion theory of karyotype evolution in the Indian muntjac using chromosome painting，*Chromosome Res.* 5：109～117，1997。

（杨凤堂）

生态学
(Ecology)

生态学（ecology）是研究生物与环境及生物与生物之间相互关系的生物学分支学科。“生态学”一词由德国生物学家海克尔（E. Haeckel）于1869年提出，其定义是：研究动物与其生存环境之间相互关系的科学，特别是动物与其他生物之间的有益和有害关系。

一、生态学的发展简史

大致可分为萌芽期、形成期和发展期三个阶段。萌芽期：古人在长期的农牧业、狩猎和渔业生产中积累了朴素的生态学知识，例如作物生长与季节气候及土壤水分的关系、常见动物的物候习性等。公元前4世纪希腊学者亚里士多德曾描述过动物的不同类型的栖居地，还按动物活动的环境类型将其分为陆栖和水栖两类，并按其食性分为肉食、草食、杂食和特殊食性等类别。亚里士多德的学生、雅典学派首领赛奥夫拉斯图斯（Theophrastus，公元前372～前287）在其植物地理学著作中已提出类似今日植物群落的概念。公元前后出现的介绍农牧、渔业、狩猎知识的专著，如公元1世纪古罗马的老普林尼世的《博物志》、6世纪中国农学家贾思勰的《齐民要术》等均记述了朴素的生态学观点。

形成期：大约从15 世纪到20 世纪40 年代。15 世纪以后，许多科学家通过科学考察积累了不少宏观生态学资料。18 世纪初，雷奥米尔（R. Reaumur）的6 卷昆虫学著作中就有许多昆虫生态学方面的记述。瑞典博物学家林奈（C. Linnaeus）首先把物候学、生态学和地理学结合起来，综合描述外界环境条件对动物和植物的影响。法国博物学家布丰（C. de Buffon）强调生物变异基于环境的影响。植物地理学家洪堡（A. Humboldt，1769～1859）创造性地将气候与地理因子的影响结合起来描述物种的分布规律。19 世纪，由于农牧业的发展使人们开展了环境因子对作物和家畜生理影响的研究。这一时期确定了5 ℃为一般植物的发育起点温度，绘制了动物的温度发育曲线等。马尔萨斯（T. R. Malthus）发表的《人口论》一书（1798）造成了广泛的影响。1859 年达尔文（C. Darwin）在《物种起源》一书中提出自然选择学说，强调生物进化是生物与环境相互作用的产物，引起了人们对生物与环境的相互关系的重视，促进了生态学的发展。到20 世纪30 年代，已有不少生态学著作和教科书均阐述了一些生态学的基本概念和论点，如食物链、生态位、生物量、生态系统等。至此，生态学已基本成为具有特定研究对象、研究方法和理论体系的独立学科。

发展期：20 世纪50 年代以来，生态学吸收了数学、物理学、化学、工程技术等科学的研究成果，向精确定量方向发展并形成了自己的理论体系。现代生态学的发展在现代自然科学和社会科学中日益显示出它的独特地位和重要作用。现代生态学在继续从数学、物理学、化学、天文学、地球科学、生命科学以及社会学、经济学等学科吸取“营养”，引进新的概念、理论、方法和技术的同时，也将不断地向其他学科给予有益的启迪和反馈。这种交流渗透以致结合与混合，将成为某些重要发现、新兴学科萌发或者难以预料的新思想、新法则、新技术的源泉之一。现代生态学的研究不仅是研究生物的细胞、个体、种群、群落与其生存环境因素及彼此之间相互关系和作用的科学，它已发展到研究生物（生命）系统与环境系统组成的生态系统的结构与功能关系和机理的科学，并且扩展到景观、生物圈及其岩石圈、水圈和大气圈之间相互作用的研究。现代生态学的发展不仅对阐明有关生物学科问题，而且对人类生存和生命系统维持所依赖的环境之保护、改善与治理也日益显示出其独特的地位、生命力与深远意义。生态学正在成为生物科学与环境科学的前沿领域。

生态学在近30 年（20 世纪60～80 年代）的国际性研究进展，大致可分为三个阶段：60 年代的“国际生物学计划”（IBP：International Biological Programme）、70 年代的“人与生物圈计划”（MABP：Man & Biosphere Programme）和80 年代开始的“国际地圈—生物圈计划”（IGBP：International Geosphere-Biosphere Programme），这三个计划可以代表这三个阶段的主要发展趋势。“国际生物学计划”（IBP，1964～1974）是以自然生态系统的结构、功能和生物生产力为其研究的主要内容。“人与生物圈计划”（MABP，1972）是针对全球性日益严重的人口、资源和环境的挑战，强调采取多学科综合研究的途径，运用生态学的方法研究人与环境的相互关系，为生物圈资源的合理利用和环境保护提供科学依据。“国际地圈—生物圈计划”（IGBP，1986）研究的目标是描述和理解控制整个地球系统相互作用着的物理学、化学和生物学过程；出现在地球系统中支持生命的独特环境的变化；人类活动对上述基本过程及其变化的影响方式。从生态学

发展的上述背景不难看出，未来生态学发展的动向与总趋势是注重人类活动对生态系统、生物圈和全球变化的影响和作用的研究。生态学研究的重点是“生态关系”的揭露及其作用规律的阐明，它需要研究生物与生物之间的关系，如竞争、共生、捕食、寄生、序生、互生等相互的支配关系；它还需研究生物与资源（主要是可更新资源）的相互关系，如利用、储存、加工、再生的关系；更要研究生物与环境之间的相互关系，如促进、抑制、协调、适应、改造等关系。未来生态学研究的指导思想和哲学概念将充分反映历史观点、进化观点、动态观点、协调适应观点、整体观点和全球观点的融会贯通与有机结合，从而也将会推动生态规划、生态技术和生态工程、生态管理与建设的迅速发展。协调人类活动与自然资源、环境的相互影响以维护生物圈和全球生态平衡作用的研究将是未来生态学研究的核心任务。

二、生态学的分支学科

按所研究的生物类别可分为微生物生态学、植物生态学、动物生态学、人类生态学等；动物生态学还可细分为昆虫生态学、鱼类生态学等。按生物系统的结构层次分，有个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学等。按生物栖居的环境类别分为陆地生态学和水域生态学；前者又可分为森林生态学、草原生态学、荒漠生态学等，后者可分为海洋生态学、淡水生态学等。生态学与非生命科学相结合的，有数学生态学、物理生态学、化学生态学、地理生态学、经济生态学等；与生命科学其他分支相结合的有生理生态学、行为生态学、遗传生态学、进化生态学、古生态学、分子生态学等。应用性分支学科则有农业生态学、医学生态学、污染生态学、环境保护生态学等。在以下的分支学科和研究领域中将会有更多的发展机遇和重大进展：种群生态学、生态系统生态学、城市生态学、经济生态学、生态技术与生态工程。此外，生物群落生态学、人类生态学、景观生态学、信息生态学、化学生态学、行为生态学、遗传生态学、进化生态学以及在全球气候变化影响下对海洋、淡水、陆地生态系统结构、功能的影响与反应的研究均将会得到迅速的发展并取得重大突破。

三、中国生态学发展

我国生态学发展史，若就生态学学术思想而言，可追溯到公元前700多年前的《夏书》。我国古代春秋时代《管子地员篇》等名著中，早有生态学的思想端倪与记载。“生态学”一词虽然起源于19世纪的欧洲，但作为人与自然关系的一种系统思想却是源远流长的。作为四大文明古国之一的中国，早在3 000多年前就已形成了一套鲜为人知的“观乎天文以察时变，观乎人文以化成天下”的人类生态理论体系，包括道理（即自然规律，如天文、地理、物理等）、事理（即对人类活动的合理规划管理，如政事、农事、军事、家事等）、义理（即社会行为的准则，如伦理、法制、三纲五常等）和情理（人情枢机，如心理、生理、七情六欲等）；中国封建社会正是靠着对这些天时、地利、人和之间关系的正确认识，靠着物质循环再生、社会协调共济和修身养性自我调节的生态观，维持着其3 000年超稳定的社会结构，形成了独特的华夏文明。

我国近代生态学的发展大致始于50年代，80年代进入迅速发展时期，生态学开始从教学机构、科研部门广泛深入到工农业建设、城市管理、环境保护、国土整治等社会经济领域。我国先后出版了自己编写的生态学教材与专著，最早的当属费鸿年编著的《动物生态学纲要》（1937）和郝道猛的《生态学概念》。《中国植被》（1980）是30年来植

被研究总结性的巨著。其后，云南大学生物学系的《植物生态学》(1980)、祝廷成、钟章成、董厚德的《植物生态学》(1982)、《动物生态学》(1982)、侯学煜的《生态学与大农业发展》(1984)、阳含熙、卢泽愚的《植物生态学的数量分类方法》、孙儒泳编著的《动物生态学原理》(1987，1992)、马世骏、李松华主编的《中国的农业生态工程》(1987)、四川师范学院等的《生态学概论》(1989)、李博的《普通生态学》(1990)、马世骏主编的《现代生态学透视》(1990)、刘建国主编的《当代生态学博论》(1992)、王祖望主编的《能量生态学——理论、方法与实践》(1993)、蔡晓明编著的《生态系统生态学》(2000) 等相继出版，推动了中国生态学教学和研究的进展。由于生态学的分支学科十分多样，涉及范围不仅仅限于生态学范畴，本条目仅就某些生态学分支学科的成就作部分介绍，挂一漏万在所难免。在生态学方面，以植物生态学与动物生态学在我国研究历程较长，成果丰硕，生态系统生态学虽然开展较晚，但也已取得不少成果，以上三个分支学科已有专门条目。现仅对动物生态学作少量补充，对微生物生态学、农业生态学和城市生态学在中国 20 年来的研究成果作一些介绍。

动物生态学　动物生态学的研究在近20余年来取得很大进展。在昆虫、兽类、鸟类三个方面取得不少成果。在昆虫生态学方面，有以温度为主对东亚飞蝗、粘虫、盲蝽生长与发育的影响研究，在昆虫迁飞行为及昆虫在迁飞过程中对风、温度的适应和选择，东亚飞蝗的发生和治理方面有较系统的研究。在园林昆虫研究方面，研究亦较多，如马尾松的松毛虫蛹及其寄生天敌的空间格局分析，杉木林的金龟子的季节动态，杨树的光肩星天牛种群的空间格局，柑橘潜叶蛾发育速率及其存活与温、湿度关系，园林昆虫、蜘蛛群落结构与动态等，以及草地螟不同蛾龄飞行能力，草原蝗虫形态特征与生态学等研究。此外对蜜蜂、蝇类与温度关系，昆虫对植物次生物质的适应策略均有一定工作。在兽类生态学方面，主要对鼠类如高原鼢鼠活动与巢区，挖掘取食活动和能量，种群数量与植被破坏程度，侵占行为及防治途径等有系统的研究成果。中华鼢鼠的繁殖，鼢鼠与鼠兔的相互关系，高原鼠兔和达乌尔鼠兔、布氏田鼠、草兔的营养生态位及其相互关系等诸方面均有不少的深入研究。中国的特有珍贵动物，如对灵长类的金丝猴、滇金丝猴、短尾猴的分布、种群结构、活动路线、食性、生殖行为，以及猕猴生态、繁殖及通讯行为诸方面有较系统的研究。对大熊猫则研究了它们的野外觅食行为、性行为、繁殖和昼夜活动规律，并对大熊猫发情期的叫声及其行为进行了分析。

鸟类方面的研究，在雉鸡的觅食和食性、求偶、孵卵、巢区以及种群数量和结构等方面发表了很多有价值的论文，如对黄腹角雉、绿尾虹雉、白颈长尾雉为对象开展的研究。此外对蓝马鸡、褐马鸡、白腹锦鸡和斑尾榛鸡等的觅食和生殖行为也有所调查观察。对灰喜鹊、野生绿孔雀、朱鹮的种群密度、分布、繁殖生态等均有不同方面的研究，并探讨了不同森林类型中的鸟类多样性、鸟类的山地垂直分布规律等。湿地水鸟的研究已引起重视，鹤类的迁移路线、鹭类的繁殖及其生态学特征等的研究均有所报道。其他动物类群，如蟾蜍的摄食生态、中国林蛙与生境关系、荒漠沙蜥繁殖生态的研究均有所进展。值得提出的是森林作为动物的栖息地，在各省(区) 的森林专著中，都把动物作为森林生态系统的重要组分，对在不同森林中所栖息的各类群的动物及其食性均有较详细的报道。

微生物生态学研究 主要着重于真菌、菌根和土壤微生物。不同森林类型，如长白山、中天山、东灵山、子午岭和秦岭地区的各类森林，亚热带的常绿阔叶林，尖峰岭和西双版纳的各种热带森林，林下的真菌或土壤微生物的种类组成及其分布、生物量及其与土壤肥力关系、植物与菌根的关系，均有很多报道。对东北及内蒙草原的土壤微生物类群季节变化，土壤各种特性对土壤微生物数量、生物量以及呼吸速率影响也有系列的研究。随着生态系统生态学研究的深入，对凋落物分解过程中，真菌、微生物和土壤动物的功能作用的研究也正在进行。此外，农田土壤微生物的研究亦有开展。值得提出的是《土壤微生物分析方法》(许光辉、郑洪元主编，1986) 的出版，有助于土壤微生物研究的进展。

农业生态学 随着农业生产的发展，农业生态学研究取得了很多成果。大致可分为7个方面：(1)农业生态系统的研究，从个体、种群研究发展到生态系统的研究。如棉田生态系统能量流动的研究，对组成生态系统的棉株、杂草、害虫、捕食天敌、寄生天敌、蜘蛛、蚯蚓和节肢动物等在能量流动过程中的作用，害虫与天敌群落的结构与组成，棉田的氮循环，均予以深入的探讨。对红壤旱坡地的农田生态系统养分循环和平衡，包括水土流失和淋溶过程中的养分丢失，各类作物的养分含量以及养分消长动态变化，开展了研究。关于稻田生态系统的物质循环，研究内容涉及作为生态系统的主要组分的水稻、水生植物、浮游动植物、鱼类等，并探讨了稻田高产养鱼的途径。(2) 农作物不同间套作方式方面，研究了麦套棉花的农田，其光照强度、土壤湿度的变化对棉花生长发育及其多种生态效益的影响，旱田间作模式的生态效益，作物的群体生理生态，玉米间作旱稻田间小气候，春玉米与姜间作的不同种植方式的农田生态效应等。(3) 林粮间作方面，对桐粮间作林带配置方式对小麦的叶片气孔阻力、光合作用、蒸腾作用、生物量及产量影响有较多的研究工作。柑橘园间作牧草对柑橘生长影响也有报道。(4) 农业水分生态方面，对冬小麦土壤水分的消耗开展了深入系统研究。探讨了南方小麦冬灌后利用薄膜、秸秆覆盖后对提高抗旱能力及增产的作用，土壤含水量与水稻产量关系，辽西半干旱地区主要作物耗水规律。黄土高原集水高效旱地农业则强调了雨养农业、修建集水工程、富集天然降水用于农业生产、探索黄土丘陵沟壑区的生态农业实践。着重研究了低丘红壤区农林间作系统的水分生态及生产力。(5)农田杂草方面，着重于杂草生态位的研究，如对浙江中部油菜田24种主要杂草开展生态位宽度、生态位重叠等研究。(6) 农作物、果树与昆虫关系方面，研究了棉蚜虫的种群数量变化过程，化学防治对棉蚜虫死亡率影响，水稻—褐飞虱—八斑球腹蛛生态系统的能量流动，大豆银蚊夜蛾系统控制研究（大豆品种、种植方法、施肥等农业措施及银蚊夜蛾的防治，银蚊夜蛾的捕食天敌发生等），山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食天敌的时间—空间生态位、微气候生态位和营养生态位。(7) 宏观的生态农业策略研究方面，有生态农业模式、生态示范区建设、生态农业与环境影响及其对策。对庭园生态经济系统设计，省级的生态农业区划，农业专业户在生产发展中的经济生态分析，三峡工程与江汉平原农业持续发展等方面也有不少的论述。从社区林业观点探讨，西双版纳刀耕火种农业生态系统的演化研究有一定新意。

城市生态学 这是20世纪70年代末发展起来的一门新的生态学分支学科，对于这一概念有两种不同理解：一种认为城市生态

学是用生态学方法研究城镇中生物圈的历史、结构与功能，也就是以人类为主体的环境系统的城市，从围绕人类的动物、植物、空气、水、土壤等方面进行探索。另一种观点则认为城市生态学是用生态学方法，研究城市系统，其中有社会的和观念的调查、健康和营养状况的评价、能量平衡、城市动植物区系记载、脆弱性分析以及各种功能的建模，城市是人类社会、经济和自然三个子系统构成的复合生态系统。我国对城市生态系统研究的开展相对稍晚，最早是由马世骏、王如松在1984 年发表的“社会—经济—自然复合生态系统”一文，其后有“对中国城市化及其发展”、“中国城市生态研究”、“社会—经济—自然复合生态系统持续发展评价指标的理论研究”、“生态城市的可持续发展机制”等一系列论文。出版了专著《高效、和谐——城市生态调控原则和方法》(王如松，1988)、《城乡生态经济系统》(周纪伦，1989)、《城市生态经济理论与实践》(陈予群，1988) 等等。对不同城镇开展了城市生态研究，如避暑山庄与承德市的城市生态环境，珠海生态示范区建设与城市可持续发展对策，兰州市绿化生态工程建设规模与方法，以天津为例进行城乡交错带的生态控制论分析，浙江省城镇发展及环境规划问题与对策，并以浙江省中部地区巍山镇为例进行城镇化过程生态风险评价案例研究。总之随着全国各城镇的发展，城市生态学的研究将会进一步发展。上海普通高校“九五”重点教材《城市生态学》(宋永昌、由文辉、王祥荣主编，2000)，将推动这方面的教学和研究进展。目前如北京大学、华东师范大学已建立了城市环境系。

除了生态学分支领域已取得的成果外，有关生态学方面的杂志和刊物也有很大发展，主要有《植物生态学报》、《生态学杂志》、《生态学报》、《应用生态学报》等。中国生态学会于1979 年成立，并成立了各分支学科的专业委员会。生态学在国家生产建设和环境保护工作中已发挥了应有的作用，特别是在退耕还林还草、退耕还湖、虫鼠害防治、天然林保护工程中将起十分重要的作用。

参考文献

马世骏主编：《现代生态学透视》，北京：科学出版社，1990。

马世骏主编：《中国生态学发展战略研究》(第一卷)，北京：中国经济出版社，1991。

陈永林：未来生态学，见：王亚辉、吴志纯主编：《走向21 世纪的生物学 (1991－2020 年) 预测》，中国科学院科技政策局，北京：华夏出版社，1992。

《生态学杂志》，1995～1999。

《生态学报》，1995～1999。

(陈永林　陈灵芝)

植物生态学

(Plant Ecology)

植物生态学是生态学按生物类群所划分的一门重要分支学科，其他生态学尚有动物生态学、微生物生态学等。生态学 (Ecology) 这一术语是由德国学者海克尔 (E. Haeckel) 于1869 年提出，其定义是生态学是研究生物与其生存环境相互关系的科学。不言而喻，植物生态学则是研究植物与其生存环境相互关系的一门科学。20 世纪初至今，随着科学的发展，植物生态学曾有广义和狭义两种定义。广义的植物生态学是研究植物及其群体包括个体、种群、群落和生态系统，与环境之间相互作用的过程与规律的科学。虽然生态系统不仅包括植物，尚有其他生物，但植物作为生态系统的第一性生产者，在生态系统中起着主导作用。由此可见，广义的植物生态学的定义是本学科研究的核心和基础。狭义的植物生态学是研究植物个体与其生存环境相互作用的科学，着重

讨论植物的生理生态与环境的相互关系。实质上，狭义的植物生态学研究内容已包括在广义的之中。广义的植物生态学定义已被国内和国际上普遍接受。正如生态学一样，植物生态学正向宏观和微观方向发展。在宏观方面的区域性的景观生态学和全球性的生物圈生态学或称全球生态学中，植物生态学仍是它们研究的重要内容。向微观方向发展，植物分子生态学已日益受到关注。

1. 植物生态学可以区分为以下5个分支

植物生理生态学　主要研究植物个体的生理功能与生存环境的相互关系。在20世纪50年代，它的发展是以植物代谢和发育、营养、抗性等生理生态学研究为主要内容。在60年代后期"国际生物学计划"(IBP)及以后的"人与生物圈计划"(MAB)的推动下，植物生理生态学不仅是停留在个体水平，而是在更高层次，从种群、群落和生态系统水平上进行研究。它是不同层次研究的核心之一和相互联系的纽带。它是以与植物群落的生物量和生产力密切联系的光合生态、能量生态和水分生态为研究重点。植物个体的生理功能与环境的关系是任何形式的植物群体与环境相互关系的基础，也是植物种内及种间相互关系及植物适应机理的基础。

植物种群生态学　它的发展较动物种群生态学较晚，直到1977年Harper提出以植物生活史为纲的植物种群动态模型，这门分支学科才获得蓬勃发展。植物种群是指同种植物在特定环境空间内所有个体的总和。虽然种群是一个物种的许多个体集合而成的总体，但并非简单的组合，它是物种群体的特殊集合，具有独特结构，个体之间及其与环境之间关系密切，具有自动调节能力以适应环境变化。1982年Harper又倡导，种群是植物群落和生态系统的基本组成成分，从而为在种群水平上进行群落和生态系统研究建立了更为深入的途径。近20年来，植物种群生态学在种群统计和动态、生活史、无性系植物、种间关系及种群遗传分化方面取得了长足的发展。

植物种群数量统计是种群生态学最基本的研究内容。数量统计包括个体与构件两个水平。这是由于植物是无限的分生生长，具有构件结构，也就是由一个合子发育而成，由一套构件组成的个体，并具有多种多样繁殖系统特别是无性繁殖的特点。植物个体的构件数量是很不同的，并随着环境变化而有差异。因此在植物种群数量统计上要考虑到构件这一水平。植物种群生活史是种群生态学研究的另一重要方面。植物种群生活史决定了植物种群在特定环境下能否延续生存。建立植物种群动态模型所必需的参数，首先要研究植物种内和种间的相互关系，包括竞争、共存及演替，植物与动物相互作用过程，个体生长的可塑性，无性繁殖习性以及空间异质性对植物种群动态影响等。植物种群调节机制也是种群生态学主要研究内容，着重于相邻个体(邻体)对死亡率和产量的影响。近年来克隆生态学即植物无性系繁殖特点研究受到重视。

植物群落学　这是研究植物群落与环境相互作用过程的科学，是植物生态学的重要分支。它的发展很早，在19世纪初A. Von Humbolt于1806年、其后Griesbash于1872年就描述过植被类型及其分布。至20世纪，植物群落学形成了四大学派——英美学派、法瑞学派、北欧学派和前苏联学派。前苏联学派称植物群落学为地植物学。现代的植物群落学是以研究植物群落的组成和结构、功能和动态为重点。植被地理和制图也是植物群落学重要研究内容。世界各大国基本上均已完成国家级或地区性的植被类型专著和不

同比例尺的植被图。植物群落的数量分析与建模已相当普遍。植物群落结构、功能和动态的长期定位研究已引起极大重视，在大量数据基础上建立了各类预测模型。遥感、地理信息系统已应用到植被制图上，计算机技术及相应的地面调查大大提高了植被制图的精确度。

生态系统生态学　它在现代生态学发展中占有特殊重要地位。60 年代以来，生态系统生态学成为生态学研究前沿，“国际生物学计划”（1964～1974）的执行，标志着生态系统的研究进入了一个新的阶段。由于生态系统的复杂性，在短短几年中未达到计划中的预定目标。随着社会发展，生态学家面临着一系列关系到人类生存与发展的全球重大问题，由此产生“人与生物圈计划”（MAB）、“国际地圈—生物圈计划”（IGBP）等国际性的重大项目。这标志着生态系统的理论及其应用研究大规模地开展。生态系统生态学研究的核心为生态系统结构、功能、动态及其调节机制。生态系统的结构是由无数的生物所组成，首先按生物之间的营养关系，如生产者以植物为主、消费者以动物为主和分解者以微生物及土栖动物为主进行分别研究，进而阐明其相互关系。植物作为生产者，是生态系统最重要的组成成分，根据植物物种在生态系统生态过程中的作用，可区分出关键种、优势种等；也可按植物物种对资源利用方式划分为功能群。生态系统的功能，也称之为生态过程，主要探讨生物（首先是植物）对能量固定、分配和消耗，营养元素吸收、积累、流失，水分的吸收、利用、贮存、流失等循环过程，以及生物生产力等。生态系统的稳定性及其综合评价体系的研究颇受重视。长期以来争论的热点之一是生物多样性与生态系统稳定性关系。自然生态系统稳定性是由自身组成群落特点、群落所受干扰的方式及其抵抗力和恢复能力所决定的。生态系统的稳定性及其恢复能力直接关系到生物资源的持续利用及人类生存环境的维持。生态系统的动态和管理是生态系统研究又一重要方面。生态系统动态是研究系统在自然状况或人类不同干扰程度下，结构与功能的变化过程。生态系统调控和优化管理的理论基础依赖于对生态系统功能过程及其动态机制的深入探索。自然生态系统的破坏在世界各地与日俱增，列出受威胁生态系统清单及其濒危等级已迫在眉睫。在未来几十年内，对退化生态系统恢复研究，发展恢复生态学和重建生态学是十分关键的。通过人类的合理管理，促进生态系统向良性方向发展，在极度破坏状况下，重建适合当地自然条件的人工生态系统，将会大大改善人类生存环境，这方面的研究于90 年代已经开展，但这是一项长期而艰巨的任务。

2. 中国植物生态学的发展

在中国，植物生态学的观点可以追溯到两千多年前的西汉时期，当时已有关于水、土、植物群体和土地合理利用的论述，但并未有明确的植物生态学的科学定义。植物生态学在清末变法时期随着对植物学的介绍传入我国。在20 世纪20 年代已有个别地区的森林调查报告。据汪振儒追记：约在1919 年左右，张珽很可能是中国最早开设植物生态学课程的先驱。在1922 年由邹秉文、胡先骕和钱崇澍编写的《高等植物学》问世，该书第一章绪论介绍了植物生态学的产生、发展和研究内容，第十章阐述了“植物社会”即植物群落，这可能是中国最早提及植物生态学的著作。1927 年钱崇澍发表的有关安徽黄山植物生态研究专门报告，为我国近代植物生态学研究的开端。1930 年张珽、董爽秋合著的《植物生态学》一书，乃我国最早的植物生态学专著。中国植物生态学界的前辈们，在

科学研究得不到重视以及资金缺乏的困难条件下，仍开展了一些教学和研究工作。钱崇澍、李继侗、仲崇信、沈其益、汪振儒、曲仲湘、董爽秋等先后在中央大学、清华大学、浙江大学、四川大学、复旦大学和中山大学等校开设了植物生态学课程，并开展一些植物生态学的调查，如李继侗在北京、河北，刘慎谔在中国西北和西南，陈封怀在东北等地，相继都做过植被和植物地理调查。在抗日战争极度困难时期，一些科学家在"大后方"仍开展植被调查，如郑万钧、吴中伦对川康森林调查，王启无对云南、广西的森林调查，侯学煜对贵州植被和川、黔土壤指示植物的调查，曲仲湘对川西草地，邓叔群和郝景盛对青、甘、陕森林植物地理，何景、周映昌对甘肃植被的调查等。自抗战胜利至新中国成立前的4年期间，值得一提的是邓叔群关于西藏高原东部森林地理和张宏达关于热带南海岛屿植被研究。这些植物生态学界前辈们为中国植物生态学的发展做出了卓越贡献。

1950年以来，国家提出了一系列与植物生态学有密切相关的任务，如橡胶宜林地勘察和热带生物资源考察，黄河中游水土保持，西北六省区沙漠治理，西部地区的南水北调，黑龙江流域土地资源勘察规划，东北林区森林资源及采伐更新考察，"三北"防护林工程，全国森林普查，华北及北方荒山造林，黄土高原水土保持，黄淮海平原旱涝、风沙、盐碱灾害综合治理，草地合理利用规划，全国自然区划，青藏高原综合考察以及横断山区考察等等。为此，中国科学院和中央有关部门组织了大型综合考察队，对华南、西南、华北、西北、东北很多省区进行调查，研究了森林、草地、荒漠等植被类型特点及其分布规律。

在组织机构方面，中国科学院及林业部门的研究所先后成立了植物生态学或森林生态学研究室。有些高校成立了植物生态学教研室或研究所，对中国植物生态学研究和人才培养起到了极大的推动作用。与此同时，我国一些著名的植物生态学家撰写一批植物生态学基础理论的书籍和教材。乐天宇于1958年、何景于1959年、曲仲湘等于1983年和祝廷成等于1988年分别编写了《植物生态学》教科书。此外，《植物生态型学》（乐天宇，1965）和《植物群落学》（林鹏，1986）也相继出版。与此同时，翻译有关植物生态学的世界名著，学习先进理论与方法，对促进我国植物生态学的发展起到了有益作用。《植物生态学与地植物学丛刊》自1955年创办以来，屡经改名，现名为《植物生态学报》，是反映我国植物生态学研究水平的主要刊物，受到生态学界的普遍关注。现将植物生态学各分支在中国研究进展分述如下。

植物生理生态学研究 在80年代前，我国植物生理生态学研究一直以作物、经济林木、牧草和资源植物为主要对象，着重于个体的生理生态研究。对造林树种如红松、油松、马尾松、杨树、落叶松、杉木、柏树、蚬木、毛竹和泡桐等的生物学、生态学特性进行探讨，为适地适树进行林业区划提供理论依据。对特种经济植物，如三叶橡胶的抗寒性和光合作用，咖啡的水分效应和光合作用均开展研究。对柑橘、八角茴香、萝芙木及多种药用植物和纤维植物的生长发育与环境因子的关系都取得较成功的研究成果，为这些经济植物的引种栽培及其发展提出了建设性意见。80年代以来植物生理生态研究，逐步由个体转向以种群和群落为研究对象，为生态系统研究奠定基础。

植物土壤化学成分相互关系研究在50年代以来配合国家一系列重大任务开展了大量工作。总结出了中国境内酸性土、盐碱土、

钙质土的指示植物。《中国境内酸性土、钙质土和盐碱土的指示植物》（侯学煜，1954）和《中国植被地理及优势植物化学成分》（侯学煜，1982）就是这方面的代表作。

植物群落学研究进展 我国植物群落学的研究在50年代后蓬勃发展，是植物生态学领域中发展最快的一门分支，主要是结合国家经济发展的需要，对各省市及重点地区的植被进行不同深度的调查。侯学煜等在50～60年代的《中国的植被类型》(1956)、《中国植被区划》(1960)、《中国的植被》(1960)是中国最早有关全国性植被及其区划的专著。60年代上半期，是我国植物群落学发展的活跃时期，各地区都做了大量的植被调查，发表了大量有关论文，相继出版的专著有《广东植被》(1976)、《新疆植被及其利用》(1978)、《四川植被》(1980)、《安徽植被》(1983)、《内蒙古植被》(1985)、《云南植被》(1987)、《青海植被》(周兴民等，1987)、《西藏植被》(1988)、《贵州植被》(黄威廉等，1988)、《湖南植被》(祁承经，1990)、《福建植被》(林鹏，1990)、《台湾植被》(黄威廉，1993)、《河北植被》(1996)等。值得特别提出的是《中国植被》(1980)一书的出版，对中国的植被科学做了一个极其精辟的阶段性总结，引起国内外很大反响。此外对某些区域的植被也相继出版专著，如《贡嘎山植被》(刘光照，1985)、《京津地区生物生态学》(1990)、《黄土高原地区植被资源及其合理利用》(1991)、《中国大兴安岭植被》(周以良，1991)、《松嫩平原的草原植被及其利用保护》(郑慧莹、李建东，1993)、《中国小兴安岭植被》(周以良，1994)、《东北植被地理》(周以良，1997)、《中国大兴安岭森林》(徐化成，1998)、《中国海岸带植被》(1996)。在这些全国和各省及地区性的植被专著中，提出了中国和各省(区)的植被分类原则及分类系统、区系特征、各种植被类型的生活型、种类组成、分层现象、层片结构、演替规律、持续利用、恢复和保护对策等，并对地区的经济建设提出了重要建议。对森林和草地的某些类型进行了深入研究，如阔叶红松林、落叶松林、油松林、栎林以及羊草草原、大针茅草原等，特别是对阔叶红松林的研究更为深入，这方面的论著很多，代表性专著有《阔叶红松林》(王业等，1995)和《红松混交林生态与经营》(李景文等，1997)。《常绿阔叶林生态学研究》(钟章成，1998)从植物群落学的角度进行探讨，并研究了植物的种群生态。红树林的研究自50年代中期已开始，先后在广东、福建、广西以及香港等地开展研究，发表了一系列论文，红树林植被生态学为主的专著可以《红树林》(林鹏等，1984)一书为代表，并有若干册有关红树林的论文集出版。

植被动态研究是植物群落学研究的重要方面，各种植被类型的演替规律研究颇受重视。处于不同演替阶段的植物群落的种类组成、群落结构、种间关系、生物量、生产力、土壤理化性质以及栖息在植物群落中的动物、微生物均有所不同。有关植被动态的专著很多，《南亚热带森林群落动态学》(彭少麟，1996)和《森林动态模拟——兼论红松林的优化经营》(邵国凡、赵士洞等，1995)为其中代表性专著。引起植被动态变化的原因有自然因素和人为因素。而人为因素是引起生态系统退化的重要原因。《封山育林研究》(徐化成、郑均宝，1994)主要研究华北地区森林退化后如何通过封山育林及人工造林途径恢复森林。《热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究》(余作岳、彭少麟，1996)是以小良试验站和鹤山丘陵综合试验站为基地，研究退化生态系统在恢复过程中的水热问题、微生物和动物的演变及生态系

统功能过程的变化。《中国退化生态系统研究》（陈灵芝、陈伟烈，1996），阐明了生态演替理论，为退化生态系统恢复和重建提供依据，对中国退化生态系统的现状、类型及其成因，中国亚热带和南亚热带地区、温带森林、西南亚高山森林、温带草原、荒漠及荒漠草原、浅水湖泊的退化生态系统现状及恢复对策均进行较深入研究，还提出了中亚热带红壤退化状况、机制和对策。草原退化问题方面，我国学者开展了很多研究。草原退化过程中出现大量盐生植物，甚至草原被盐生群落所代替。对这类草原的恢复治理，首先要研究盐生植物的适生生境的生物学基础，从植物种群、群落深入研究基础上来讨论其恢复和治理途径。这方面的代表作有《松嫩平原盐碱化草地治理及其生物生态机理》（李建东、郑慧莹，1997）、《河西走廊盐渍地的生物改良与优化生产模式》（任继周、朱行运，1998）和《松嫩平原盐生植物与盐碱化草地的恢复》（郑慧莹、李建东，1999）等等。有关植被动态的论文数量亦很可观。

植被制图在我国有很大进展。我国已出版了1∶1000万和1∶400万的中国植被图，某些省（区）出版了1∶50万的植被图、森林图和草场图。80年代初由侯学煜任主编的1∶100万中国植被图开始编制，各省均有植物生态学家参加，历时近20年的1∶100万中国植被图于2001年出版。这是植物生态学家的智慧的结晶。

植物种群生态学的发展　70年代前，中国有关这方面的著作很少。关于稻、麦的种群结构和群体生理研究可算是最早的论述。周纪伦等首先撰写了《植物种群生态学》（1986）一书，其后王伯荪等发表了《植物种群学》（1995）。种群的研究主要集中在重要树种上，对兴安落叶松、云杉、沙地云杉、红松、马尾松、侧柏、黄山松、厚壳桂、栲树、木荷、青冈、望天树、银杉、紫椴、白桦、辽东栎和蒙古栎等的种群生态学进行一系列深入研究。出版的有关专著有《紫椴种群生态学研究》（聂绍荃等，1992）、《云杉种群生态学》（江洪，1992）。在植被生态学的专著中也包括了很多种群生态学的内容。植物种群生态学的论文在数量上相当可观。大头茶、刺五加、多种竹子，以及羊草、大针茅等的种群研究均很系统深入。其研究主要内容有种群数量动态、种群格局、种群动态、种内和种间竞争、种间联结、生活史、生殖生态、生态对策、调控作用、生态遗传和分化以及种群增长预测模型等。种群研究大多以某些森林和草原群落的主要组成成分或优势种为对象，以期通过种群生态学研究，作为预测植物群落的动态变化指标之一。植物克隆生态学也引起我国学者的注意，竹子、青冈以及某些草本羊草等克隆生态学已有报道，特别是竹子的克隆生态学研究系统而深入。随着物种受人类威胁程度的增加，对一些濒危或稀有物种的植物种群生存力分析已引起重视，对银杉已开展这方面的工作，取得了良好的成果。

生态系统生态学的研究进展　80年代以来，生态系统生态学在我国蓬勃发展，在全国先后建立了森林、草原、草甸、荒漠以及农田生态系统定位站。主要以生物生产力、能量流动、物质循环及其动态变化为生态系统生态学研究内容。能量流动主要研究生态系统中的建群种和优势种（植物）的个体和种群对能量固定、分配与消耗、光能利用效率及光合生产力，并测定植物群落的生物量和生产力。生态系统的水分循环主要研究植物及植物群体对水分利用效率，蒸腾作用，植物对水分的截留，林中雨、树干径流、枯枝落叶对水分的吸收和下透，地表径流等。生态系统养分循环主要研究植物对养分吸收、

积累、淋溶和凋落物的分解等。这方面的研究与植物生理生态学、群落学、种群生态学紧密结合。与此同时，对生态系统所在地的环境因子气候、小气候、土壤、地质、水文等都进行了测定，目前各个定位站至少有10～20 年的数据积累，为中国生态系统生态学的发展打下了坚实基础。中国科学院有由29个生态系统定位站组成的研究网络，进行了规范化研究。各大专院校和林业部门也建立了定位研究站。中国科学院的长白山森林站、内蒙草原站、海北高寒草甸站、会同森林站、鼎湖山森林站、鹤山综合站、北京森林站、哀牢山森林站、贡嘎山森林站等自然生态系统定位站，林业部门的森林站及大专院校的草地站等都发表了一系列有关结构、生物量、生产力、能量流动和物质循环的论文和系列专著及论文集。主要有《长白山森林生态系统》、《草原生态系统研究》、《高寒草甸生态系统》、《中国森林生态系统定位研究》等定位研究的系列论文集。有关生态系统专著主要有《云南哀牢山森林生态系统研究》(吴征镒，1983)、《杉木人工林生态系统研究》(冯宗炜，1985)、《中国海南岛尖峰岭热带林生态系统》(蒋有绪，1991)、《常绿阔叶林生态系统研究》(钟章成，1992)、《荒漠、草原生态系统研究》(赛胜宝等，1994)、《暖温带森林生态系统结构与功能》(陈灵芝，1997)、《中国红树林生态系》(林鹏，1997)、《青藏高原生态系统及优化利用模式》(李文华、周兴民，1998)。通过长期积累，总结出版了《中国森林生态系统水文生态功能规律》(刘世荣等，1996)、《中国森林生态系统养分循环》(陈灵芝等，1997)、《中国森林多样性及其地理分布》(陈灵芝等，1997)、《中国森林群落分类及其群落学特征》(蒋有绪等，1998)、《中国森林生态系统的生物量和生产力》(冯宗炜等，1999)等专著。这是有关森林生态系统结构与功能的阶段总结。中国生态系统生态学的发展已逐步与国际长期生态学研究接轨。

生物多样性研究进展 已有专门条目撰写，这里不再赘述。

全球变化与陆地生态系统研究进展 植被对全球变化的响应是从 80 年代末至今我国一直关注的研究课题，全球变化也早就是国际上关注的热点。全球变化对植被和森林的影响方面在我国开展较多。对全球气候变化的中国自然植被净第一性生产力，中国气候—植被关系，未来气候变化和植被响应的预测，植被指数与生命地带的模拟和重建，气候—森林响应的动力学模型，未来森林的面积及分布，应用Holdridge 的生命地带模型的改进，气候变化对森林类型及其主要树种、濒危树种的分布、森林生产力、森林结构、树木物候及其生长发育期的影响等均开展研究，并提出适应全球变化的林业对策。《全球气候变化国家研究——森林影响》(1996) 和《气候变化对中国森林影响研究》(徐德应等，1997) 是这方面研究的两本专著。有关第一性生产力、生物量、植被对全球变化的响应的论文数量不少。CO_2 倍增对某些树木幼苗、幼树生理生态影响，以及中国东北样带和南北样带的生物群区及其对全球变化的响应也有不少报道。

污染植物生态学的研究进展 自 70 年代以来，由于工业的发展，工业废水、废气对环境造成严重影响。十多年来，重点研究了酚、氰化合物、石油、苯并芘、氮及重金属（汞、铅等）对植物和土壤的影响，阐明了重金属在土壤—植物系统中的吸附或吸收、转移和积累规律。大气污染对植物的影响也是重要研究内容，筛选出上百种对二氧化硫、氟化氢、氨、氯、乙烯等大气污染物特别灵敏或具有抗性的植物。近几年来，酸雨对植物的影响仍为重要研究内容，并取得

一定成绩。随着城市生态系统研究的开展，植物对城市化的生态反应将成为重要内容之一。这方面研究可为城市及工矿区的美化、绿化、改善环境质量服务。

3. 植物生态学发展展望

植物生态学的发展仍应以生理生态、种群生态、群落生态和生态系统研究为基础，根据各分支学科特点进一步深入。与此同时，应以生态系统为主体，把个体、种群、群落的研究紧密结合起来，作为生态系统的优化管理及退化生态系统恢复和重建的理论依据。生物多样性科学是以生物多样性在生态系统功能中的作用为研究重点，并开展生态系统多样性的监测、恢复及持续发展的研究。全球变化对植被、生态系统功能过程及生物多样性影响的研究还将深入开展，在此基础上，建立各类预测模型将具有重要的理论价值。

参考文献

王金亭：中国植物生态学史，见：中国植物学会编：《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

余作岳，彭少麟主编：《热带退化生态系统植被恢复生态学研究》，广州：广东科技出版社，1996。

国家自然科学基金委员会：《生态学》，北京：科学出版社，1997。

陈灵芝，陈伟烈主编：《中国退化生态系统研究》，北京：中国科技出版社，1996。

徐德应，郭泉水等：《气候变化对中国森林影响研究》，北京：中国科技出版社，1997。

（陈灵芝）

生态学与大农业发展 (Ecology and the Development of Integrated Agriculture)

大农业观点是侯学煜于1982年2月向党中央的报告中提出的。1982年3月6日《人民日报》发表了侯学煜的一篇文章“如何看待粮食增产问题”，这篇文章是党中央书记处建议发表的。1984年侯学煜正式出版《生态学与大农业发展》一书，为中国农业发展做出了巨大的贡献。

什么是“大农业”观点？侯学煜认为“大农业”观点首先要打破粮食只限于水稻、小麦、玉米等以淀粉为主的禾本科粮食的狭义看法。“大农业”或称“大粮食”观点，是要扩大对粮食的理解，也就是凡能吃的东西，都应看做是粮食，除上述禾本科作物外，还有花生、豆类、水果以及木本油粮——茶油、板栗、核桃、大枣、柿子等，特别是产生热量较高的肉、蛋、奶、鱼、虾等，都应是粮食的重要组成部分。“大粮食”就是指人类所吃的各种食物的意思。有了“大粮食”的观点才能理解“大农业”思想的重要性。所谓“大农业”就是说农业不能局限于种植业，应包括农、林、牧、副、渔和多种经营；也就是包括草原和草地的畜牧业，湖泊、池塘的淡水养殖业，浅海的海水养殖业，农村饲养畜禽、养蜂业以及山地、平原的造林及林业等，这些均应属于“大农业”的范畴。侯学煜提倡大农业，并不是说可以不重视粮食生产，而是要抓得更紧，他认为抓粮食生产，不能光强调扩大种植面积，而应实行集约经营，精耕细作，改良土壤，合理施肥、灌溉和倒茬。

关于“大农业”观点的产生并非是凭空想像出来的。侯学煜对全国很多省市的农村进行大量深入调查，他发现我国粮食增产速度慢的原因很复杂。过去各地农民吃“大锅饭”是首要原因，没有体现人们多劳多得的原则，伤害农民种粮的积极性，自1980年生产关系改变后，农民有了自主权，有了积极性，才能发挥土地和人力的优势。其次，广种薄收也是农业产量上不去的一个重要原因，过去只要求农场保证种植面积，对产量并无明确要求，各地则搞广种薄收，不去集中水、肥、劳力进行精耕细作，集约经营，提

高产量。破坏森林，开垦山地、围湖造田是形成水旱灾害重要原因，从而影响到粮食的生产。不按照自然条件，盲目更改耕作制度往往事与愿违。侯学煜作为一位生态学家，通过对农村的调查，强调以生态学观点来讨论农业发展的问题。从中国自然条件来看，全国有一半国土面积是适宜发展畜牧业为主的草原、荒漠和高原，还有大面积适宜发展木本油粮的山地。内陆池塘、湖泊、水库、河流等的大面积水面以及滩涂、浅海，都适宜发展水产养殖业。1958年以后执行“以粮为纲”的方针以来，许多草原、荒漠、高原开了荒，山地毁林开垦，到处大搞填塘、围湖、围海造田等活动，硬要把这些不适宜发展粮食作物的地方种上粮，这自然会受到自然界的一系列的惩罚。如果是因地制宜、因土种植，不仅可以提高农业生产力而且可以保护自然环境，减少或避免自然灾害，防止水土流失，土地沙化、盐渍化和荒漠化。大农业的发展是植物和动物的生产过程。绿色植物依靠茎叶吸收大气中的二氧化碳，根系吸收土壤中的矿物养分和水分，在日光照射下和一定温度下，把无机物转化为淀粉、蛋白质、脂肪、维生素等有机物，也就是把太阳能转化为化学能贮存于植物体内。动物吃了植物所制造的有机物后，在体内经过一系列的生理过程才能转化为肉、蛋、乳、皮、毛等。农业生产的能量基本来源于绿色植物，植物生长与外界的气温、水分、日光、土壤等密不可分。为此我们必须了解植物和动物的生长发育与外界环境关系，必须以生态因素的基本观点指导大农业发展：

1. 生物的本性与生态因素是辩证统一的观点。不同植物或作物的品种由于长期历史发展或培育的结果，形成一定特性或遗传性，它们为了正常的生长发育需要不同的生态因子，也就是说不同种类或品种的植物所需求的日光、温度、水分、空气和土壤矿物养分各有不同。

2. 生态因素综合性观点。这一观点是要认识影响生物生长的生态因素是同等重要的，以及它们对生物的综合作用。任何生态因素都不是孤立地对植物发生作用，而是与其他生态因素共同地、综合地对植物发生作用。不能无条件强调某一种生态因素，而忽略其他生态因素的重要性。

3. 生态因素主导性的观点。在一定的时间和地点，可从环境中的全部综合生态因素中找出主导因子。不同地点、不同时间，其主导因素是有变化的。在一个地区研究植物与环境的关系时，要从全面生态因素中找出主导因素，在农业实践中找出影响生产和增产的主要环节。

4. 生态因素联系性的观点。在自然界中，一切生态因子从来不是孤立存在的，而是永远处于相互依赖的关系中，所以改变任何一种生态因素时，其他因素就不可能不变。

5. 生态因素变动观点。一年四季，白天、黑夜里的日光、温度、水分、土壤肥力等生态因素是不停发生变化的。而每种植物与生态因素关系，随着从营养期到开花结实期而有所变动。同样，动物在不同生长发育阶段所需要的生态因子亦是变动的。

总之，生物与外界环境因子的关系是存在一定规律性的，对于这种错综复杂的自然规律研究得愈清楚，就愈能利用自然和改造自然。因此人们必须努力去揭示这些自然规律，并根据生态学观点，扬长避短，为大农业服务。侯学煜提出了如何扬长避短实现中国式的现代化农业。对中国如何发展农业、林业、牧业、副业、渔业均提出一系列具体建议。对如何保持森林、农田、草原、荒漠、水域生态系统的生态平衡提出了中肯的意见，迄至今日仍具有重要指导意义。

侯学煜提出的“大农业”观点受到党和国家领导人的重视。改革开放以来更证实了“大农业”观点对我国的农业发展具有十分重大意义。在长期“以粮为纲”的方针指导下，侯学煜敢于冒风险，提出了“大农业”观点。他以一个科学家的良知，通过大量调查研究，为农业经济发展做出了重大贡献。

参考文献

侯学煜：《生态学与大农业发展》，芜湖：安徽科学技术出版社，1994。

（陈灵芝）

中国植被研究 (Studies on Vegetation of China)

植被是一定空间范围内植物群落的总称。由于人类长期生产活动的结果，可明显地划分为天然植被和人工植被两大类。它们与环境关系的基本规律是一致的，但基本的特征和变化是不同的。要认识一个区域自然和人类的发展，常常需要从研究植被的现状及其历史发展人手。生态系统的概念就是从研究植被及其与环境相互关系的过程中产生的。自然环境地带性规律也是在植被的变化上表现得最为明显。当前，不合理的森林采伐、垦殖、放牧、采集、狩猎、捕捞和环境污染威胁着人类的生存，这就更需要研究植被的现状和发展，提出保护和持续利用的措施。所以，植被的研究是和经济建设与环境保护的需求密切联系在一起的。

我国是用文字记载植被知识最早的国家，周代的《诗经》、《禹贡》，战国的《管子地员篇》就有不少有关植被水平和垂直地带分布、山地阴坡、阳坡的差异以及小地形的变化所引起不同植物组成的论述。可惜，从秦汉以后直到新中国成立前这一漫长时期内，古代植被研究的萌芽发展不快，成就不大。20世纪20年代开始，随着近代教育和科学的发展，我国有一些零星植被研究的报道。真正大规模植被研究是在50年代新中国成立以后才开始的，主要受蓬勃的经济建设和工农业生产的发展急需开展自然资源综合考察和开发所推动。华南橡胶宜林地考察，黄河中游水土保持考察，黑龙江流域、新疆、西藏、甘、青、蒙、宁等地自然条件和自然资源综合考察，华南、西南热带亚热带生物资源考察，治沙和南水北调考察等最为突出；还有许多省区的和专题的植被研究也起了重要的作用。根据这些考察搜集的各地大量植被的第一手资料，写成了大量科研报告、论文和植被专著，编制了许多省区和流域不同比例尺的植被图件，最终促成了《植物生态学报》的问世，《中国植被》专著和中国1：400万植被图的出版；中国1：100万植被图也于2001年与读者见面。现从下列方面简要地介绍一些研究成就和结果。

中国植被的形成和发展　对植被历史的研究提供了我国植被发展和演替的大致轮廓。在老第三纪，除了南部有些植被类型属于热带外，全国基本上属于亚热带类型，其中西部为大陆性的旱生植被，东部则属海洋性的森林。到新第三纪，植被的区域性分异比以前更为清楚，类型也较以前复杂。到第四纪时，全球气温普遍下降，亚洲北部寒带植物向南迁移达4°～5°，第三纪晚期形成的西伯利亚北方针叶林沿着山地南下到我国东北的大兴安岭和西北角的阿尔泰山。暖温带落叶阔叶林的南界也向南移动了3°～5°。西北地区由于山体上升，境内大陆性气候加强，草原植被进一步向荒漠草原和荒漠发展。华北地区草原扩展，森林面积缩小，成为疏林草原景观。但由于冰川进退条件的不同，各地植被变化很大。青藏高原中部在第三纪基本上发展着落叶阔叶林，但到第四纪，高原

不断上升，气候变冷变干，在早更新世时呈现森林草原景观。到中更新世，东南部的高原面形成灌丛、草甸，西部和北部羌塘地区形成高寒草原和高寒荒漠。总之，到第四纪，中国植被的区域轮廓大致已与现在接近。

植被的分类与区划研究　植被分类与区划是认识植被性质和分布的基本工作，而植物区系是认识植被的基础。吴征镒在广泛分析对比我国植物和世界各地植物基础上，确定我国种子植物属的15类分布区类型，对认识植被的性质和特点有重要意义。长期以来，我国学者对世界各地植物群落学派对植被分类的原则和系统都进行了广泛分析和对比研究，并结合实际情况加以应用。在此基础上吸收了各学派的长处，采用植物群落学综合原则对全国植被进行系统划分：高级单位根据生态外貌的指标，中级单位侧重群落学特征，低级单位依据种类组成特点。植被分类系统为植被型——群系纲——群系组——群系——群丛纲——群丛组——群丛七级，必要时各个级别都可利用亚级以解决由于生境和演替进程的不同所造成的差异。七个级别中的植被型、群系纲、群系、群丛是主要的单位。植被区划的单位划分为植被区域——植被地带——植被区——植被小区四级，各个级别也可用亚级来表示一些具体的变化。目前，对各个区域的植被类型和区划已基本摸清，在《中国植被》专著中有基本的论述。

温带森林地区　对东北地区落叶松林、云杉林、冷杉林、红松林、红松阔叶混交林的研究成果是大量的。这些成果对森林采伐更新有重要指导意义。1959年首次在北纬42°长白山海拔2 100 m以上山顶地区记录的高山冻原，是其分布最南的界线。它与北极冻原十分类似，显然是第四纪冰川期间北极植物向南侵移，在冰川退却后保存下来的结果。对三江平原沼泽的研究不仅弄清了其类型、组成和分布特点，也是规划其保护和垦殖的重要依据。华北地区天然植被几乎已破坏殆尽，很难判断这个区域原来植被究竟是什么。从残存小片森林的特点和分布来分析，山谷湿润处保存的小片以椴树、核桃楸、槭树、白蜡树、栾树等属植物为主的落叶阔叶林，应是过去平原地区广泛分布的类型；山坡和山脊则以各种栎林和油松林占主要地位；海拔更高的山地为亚高山针叶林及次生杨桦林与高山草甸所占。这些成果对今后开展次生生态系统的恢复和选择本地树种造林与城镇绿化以及小流域治理，防止入侵种大量繁殖和引种具有重要指导意义。

亚热带森林地区　这个区域是东亚所特有的，中国占据面积最大，可划分为北、中、南三个亚热带。由于受第四纪冰川的影响较小，许多地方不仅是第三纪古热带植物区系的避难所，保存有许多残遗种，也是这些区系成分在古代分化发展的关键地区，它们是近代温带和亚热带植物区系的发源地。这个地区种类成分多，特有种丰富，植被类型多种多样。酸性土地区以栲树、青冈、荷木、润楠、厚壳桂等属植物为主的常绿阔叶林为其代表性类型；石灰岩地区则出现以青冈、化香、千金榆等属和榆科植物为主的常绿落叶阔叶混交林。大致以东经105°左右为界，由于雨量和温度年变幅的差异，可划分为东、西两个亚区。东部山地海拔1 000(1 300)～2 000 m左右的范围，有山地常绿落叶阔叶混交林的出现，特别以水青冈与常绿阔叶树混交林十分吸引人们的注意力；而西部山地由于湿度不够而缺乏这个区带，但它的山体较大、海拔较高，有大片亚高山针叶林和古地中海残存下来的硬叶常绿阔叶林的分布，往上还有高山灌丛、草甸和冰源稀疏植被的出现。东部山地因为高度不够，除台湾玉山以

外，没有亚高山针叶林及其以上的植被带分布，但在贵州、湖北、浙江和广西局部地区存有小片冷杉林（如百山祖冷杉、元宝山冷杉、资源冷杉和梵净山冷杉）或片断的出现，它们显然是随着第四纪冰川而分布到这里来的。局部干旱的山脊也有小片硬叶常绿阔叶林（乌冈栎林），这可能是在冰期前一个温暖干旱期出现的，由于气候变化，只残存在局部干旱生境中。这个区域人工林种植面积大，种类多，价值高，应该是我国生物多样性保护和持续利用的重点研究区域。

热带森林地区　我国的热带地区位于亚洲热带北缘，地带性植被类型为季节性雨林，种类组成有自己的特色，特别是桂西南石灰岩地区季节性雨林与越南北部连片构成的中越边界植物区系区，是印度—马来西亚植物区系区独特的区域。局部沟谷有小片以龙脑香科植物为标志的雨林分布，所占范围虽狭小，但许多种类引种栽培生长不错。东、西两个亚区的种类组成也有明显差异。西藏墨脱北纬29°左右是热带森林分布最北的界线，这与青藏高原隆起，拦截印度洋西南季风，形成大量降雨，同时阻挡寒流南下，保持高温有关。海南和西双版纳海拔500 m以上山地，有山地季节性雨林的分布，但桂南由于寒潮影响较大，则属山地常绿阔叶林类型。季雨林在海南西海岸的丘陵台地分布普遍，大陆地区除了少数干热河谷有小片出现以外，大多为季节性雨林遭受破坏后出现的次生类型。海岸红树林分布普遍，但破坏严重。这个区域也是我国生物多样性保护和持续利用的重点区域，有大量有发展前景的种类值得引种栽培。

温带草原地区　草原植被类型已研究得比较清楚，从东北平原往西，顺序出现草甸草原、典型草原和荒漠草原；对各种类型的群落结构、种类组成和地理分布都较有了解，但对某些草原类型的划分、草原地带和分区的界线仍有不同意见。当前，最重要的问题是草原退化严重，草场产量和质量下降，需要通过恢复和重建的方法来提高，通过退耕还草来解决。山地残存的各类森林应该加强保护，发挥其多功能作用，为当地居民造福。

温带荒漠地区　温带荒漠可划分为小乔木荒漠、灌木荒漠和半灌木荒漠三大类。准噶尔盆地主要分布半灌木荒漠和小乔木荒漠，塔里木盆地和东疆盆地多为灌木荒漠和半灌木荒漠所占，阿拉善、河西走廊和柴达木盆地以半灌木荒漠和灌木荒漠为主。我国的荒漠与中亚荒漠不同点主要在于春雨型短生植物层片不发达，因为降雨多在夏、秋，而冬、春干旱；但灌木荒漠较中亚发达，并有大面积无植被的戈壁、石漠和流沙。山地落叶阔叶林和亚高山针叶林十分珍贵，需要加强保护，并发挥其多功能作用。绿洲的面积应视山地冰川的水源条件，有一定的限制，不能无限地扩大。

青藏高原地区　1963年以前的外国文献，都笼统地把青藏高原划分为冻荒漠（冻原）地区，植被以苔藓和地衣为主。实际上，青藏高原植被是不均一的，本身有明显的地带性变化，大致由东南向西北，随着地势的升高，从边缘山地森林到高原面的高寒灌丛、高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠。羌塘高原大面积分布着高寒草原和荒漠草原。真正的高寒荒漠只见于喀喇昆仑山与昆仑山之间的高原和湖盆区。

总之，我国从大兴安岭——吕梁山——六盘山——西藏高原东缘一线以东是森林区，由此到南依次为北方针叶林——针阔混交林——落叶阔叶林——落叶常绿阔叶混交林——常绿阔叶林——季节性雨林，纬度地带性明显。山地植被垂直带从北向南有2～3个带、4～5个带到6～7个带，热量是其更替

的基础。西半部由于青藏高原隆起，植被纬度地带性不完整，仅在温带荒漠区以天山为界，有温带荒漠和暖温带荒漠的分异。西藏阿里西南有亚热带荒漠的山地类型出现。山地植被垂直带趋于简化，天山北坡有5个带，南坡4个带，昆仑山和阿尔金山只有2～3个带，有些山地全为荒漠所占，湿度是其限制因素。在昆仑山——秦岭——淮河一线以北，从东到西呈现出明显的森林——草原——荒漠的经向变化。概括地说，影响我国植被形成和变化规律的主要因素为季风、寒潮和青藏高原的隆起。

此外，在有关植被结构、生物量、生产率、生理生态特性和化学成分及其与环境相互关系等方面也做了许多工作。在不同自然带的典型地区建立了一些定位试验研究站，从能量转化、物质交换、物种之间以及与环境之间相互关系等方面，研究作为生产者的植被在不同生态系统中的作用和提高生产力途径，为生物多样性保护和持续利用提供了坚实的基础。

尽管半个世纪以来，植被研究工作是大量的，但是我国地域辽阔，类型多样，许多研究还是初步的，还有许多空白地区需要继续开展调查。今后，一方面要在已有基础上做更深入的研究和理论分析概括；另一方面，要采用现代技术和数量方法参与跨学科的综合研究，以推动植被科学的进一步发展，并为生物多样性的保护与持续利用做出更大的贡献。

参考文献

中国植被编委会：《中国植被》，北京：科学出版社，1980。

中国植物学会植物生态学与地植物学专业委员会：中国植物生态学与地植物学的回顾与展望，见：中国植物学会编：《中国植物学会50周年年会学术报告和论文摘要汇编》，1983。

（王献溥）

全球气候变化对自然生态系统的影响研究 (Studies on the Effect of Global Climatic Change on Natural Ecosystem)

自然生态系统是指一定空间中的生物群落与其环境组成的系统，其中，各成员借助能源流动和物质循环形成一个有组织的功能复合体。这里的自然生态系统主要包括陆地生态系统中的森林、草原、荒漠、湿地、冻原，以及淡水和沿海生态系统。

生态系统几乎包括了地球的全部遗传和物种多样性的总体，并提供对人和社会都至关重要的许多产品与服务。近年来许多残酷的事实表明，中国的自然生态系统破坏日趋严重。许多研究指出，由人类活动造成的温室气体持续增长形成的全球气候变化，特别是全球性增暖，是导致自然生态系统变化与破坏的重要原因。中国政府签署了《联合国气候变化框架公约》，组织编制了《中国21世纪议程》，特别是，近年来我国政府各部委、自然科学基金委、中国科学院等通过各种计划组织开展了全球气候变化对我国自然地带森林、草原、湿地、荒漠、淡水及沿海生态系统影响的研究，取得了一定进展。

研究方法 当今，研究气候变化的影响，通常有三类方法。一是实验室模拟，或现场观测实验法。近年来各种实验模拟装置和技术得到迅速发展，其中包括生物遗传控制技术、开顶式气候室、天然CO_2场，以及相应的观测技术等。借用这些装置人们可以在人工模拟CO_2增加的大气环境中对植物或作物的生理、生长的变化进行研究。比如，在开顶式CO_2浓度倍增的培养室中，对植物的生态、生理、生化及形态变化进行监测，分析植物对CO_2倍增的反应机理等。也可对农田

作物等施放CO_2气体，使冠层CO_2浓度倍增，同时观测作物生长发育与产量效应。另一类是历史相似法或类比法，即在历史上寻求气候（或变暖）在时间或空间上的相似及相应植被或灾害等的时空分布作为未来的佐证，从而提供许多有价值的信息。第三类是在计算机上进行的数值模拟和预测的方法，或称模式法。目前，这类方法迅速发展，可概括为静态（或经验）的统计模式和动态（或过程）的动力学模式两种类型。静态的经验－统计模式是建立在气候与植被之间非动态的经验或统计关系基础上的数学模型。为了研究对植被的影响，还需要选择当前和未来气候、环境和社会经济基准。对未来气候情景或构想的选择有三种方式，一是综合构想，即给出未来增暖和降水变化的统一假定；二是相似构想；三是大气环流模式（平衡或瞬变）构想。在我国早期的研究多采用综合构想法，近年来，利用我国历史气候优势的相似构想法及利用全球或区域大气环流输出结果的模式构想法也已取得许多成果。在静态的气候－植被专业模型方面，张新时、周广胜等，李克让、陈育峰等，徐德应、郭泉水、阎洪等于1996～1997年，先后引进和发展了Holdridge生命带模型、植物净第一性生产力模型、基于土壤分类的气候－植被模型，以及对森林影响的框架模型等，获得了许多重要结果。过程或动态动力学模式是指以过程为基础，使用已确定的物理定律和理论来表达气候和植物、树木等之间相互作用的复杂动力学过程，考虑因素较多较细。比如，林窗模型就是分析森林群落对气候变化敏感性的一种有效工具，它能揭示气候变化过程中森林群落的组织和生物量的变化及演替。模型考虑了光照、温度、水分对树木生长的影响，包含了从种子发芽、生长到死亡的全过程。开展这类研究的我国学者有延晓东、赵士洞、邵国凡、陈育峰、李克让、吴正方等。

对自然植被的综合影响　我国科学工作者借助上述各种模型，对假定的或用大气环流模式预测未来气候情景下的各种植被带或自然地带的可能变化进行了预测，得出的结论基本一致，均认为CO_2倍增使全球变暖后，我国植被带或气候带，在水平方向上，将向高纬度或东西方向上移动，植被的范围、面积、界线将相应变化；在垂直方向上，气候变化可能使山区的基带和高原面的自然景观发生变化和迁移，还可能使自然垂直带谱分布的界线发生位移。但移动和界线变化的幅度等存在差异。比如，在年均气温增加4 ℃，降水增加20％的条件下，与现在相比，植被带将变得干热，区域湿润指标（RMI）减少0.01～0.06，西部草原区将变为荒漠区，荒漠地带荒漠化加剧，RMI减少0.02～0.03，青藏高原各植被带的RMI变化较大，减少0.17～0.20，荒漠化趋势加强。各热量带都北移，寒温针叶林地带转变为温带区域，温带、暖温带区域变为暖温带与亚热带区域，亚热带除北部地区外，都变成热带区域等。这表明，年均温增加4 ℃，降水增加20％的条件，对于我国是不利的，森林和草原面积将减少，荒漠化趋势严重。

1992年，施雅风、孔昭宸利用我国丰富的历史资料、孢粉和其他古植物的数据编制了我国全新世大暖期植被区划图，发现植被带在全新世大暖期存在北移西迁的现象，与模式研究的结果十分类似。

对森林的影响　未来全球气候变化后，我国森林第一性生产力地理分布格局没有发生显著变化，但森林生产率和产量呈现不同程度的增加。在热带、亚热带地区，森林生产力将增加1％～2％，暖温带增加2％左右，温带增加5％～6％，寒温带增加10％。我国主要用材树种生产力增加的顺序（从大到

小）为兴安落叶松＞红松＞油松＞云南松＞马尾松＞杉木，增加幅度为1%～10%。但是，值得指出的是，尽管森林净初级生产力可能会增加，但由于气候变化后病虫害的暴发和范围的扩大、森林火灾的频繁发生，森林固定生物量却不一定增加。

我国主要造林树种以及珍稀濒危树种，在未来气候变化后，生长和分布都将受到影响。除云南松适宜分布面积有所增加（约12%）外，其他树种如油松、马尾松、杉木、兴安落叶松、红松等5个主要造林树种和珙桐、秃杉等2个珍稀濒危树种的面积均有所减少，减少幅度大约为20%～57%。

对天然草原及荒漠的影响　CO_2 倍增，气候变暖，使草原地区干旱出现几率加大，持续时间加长，草地土壤侵蚀危害加重，土壤肥力降低，草地在干旱气候、荒漠化盐碱化的作用下，初级生产力下降，草地景观呈现荒漠化趋势。但在不同假定的气候背景下，变化幅度及趋势也有较大差异。慈龙骏研究了当CO_2 倍增，气温升高1.5 ℃～4.5 ℃时，我国干旱区、半干旱区及半湿润干旱区荒漠的分布情况，得出的结论是，未来气候增暖，干旱区的面积扩大，我国北方将趋向干旱化。但温度与干旱的变化并非呈一定的正相关，还与降水量的变化有关。

对其他生态系统的影响　IPCC 的第二次评估报告总结了气候变化对我国华东草本湿地及青藏高原冻土的影响。在六种不同的气候背景下，预测结果均表明，气候变暖，华东草本湿地的面积趋于减少，主要是因为温度升高，蒸发加强，降水总量下降。有些结果表明，高原冻土对气候变化反应强烈，年平均温度升高2 ℃，冻土将完全消失，但也有的结果表明高原冻土对气候反应较弱，温度升高 3 ℃，冻土下界的海拔高度上升到4 600 m。

青藏高原是地球上较少受到人类活动影响的少数几个地区之一，却是对全球气候变化十分敏感的地区。张新时等研究了未来全球气候变化对青藏高原植被的可能影响，认为，气候增温后，高原荒漠化趋势强烈，增温将导致永冻层大部分消失，山地雪线上升，冰川退缩，高原湖泊萎缩。

近年来，也有一些工作研究了气候变化其中包括温度、降水及海平面上升等对我国沿海红树林及珊瑚礁生态系统的影响，得到了一些初步结果，仍有待深入研究。

对生物多样性的可能影响　这方面的工作较少，但初步研究指出，动植物群落对气候十分敏感，由于全球变暖，它们的分布将发生变化，群落中各物种可能以不同的迁移速率追寻最适的新环境，但可能由于各种障碍或距离、或者迁移的能力等原因而灭绝。动植物带的响应通常滞后于气候带的移动而残存在原有位置上，由此可能导致生态失衡、退化，甚至灭绝。

存在问题及未来展望　综上所述，近年来气候变化对我国自然生态系统影响及适应对策的研究取得了明显的进展，获得了许多重要成果。但仍存在一些问题，尤其是研究的不确定性，尚需加强研究和改进。比如在研究气候变化对未来生态系统影响时假定的气候情景通常仍是综合气候情景。如假定区域或全国未来年平均增暖1 ℃或2 ℃，降水量增加10%等，无区域差异和时间变化，显然这种假定太过于简单化。应用大气环流模式的预测结果作为气候情景，比较科学有效。但目前我国的研究多使用全球平衡模式预测的结果，较少使用瞬变模式的结果。全球模式除了分辨率较低外，模式本身还存在诸多不确定性，模式之间也有许多差异，所得结果难免有较大的不确定性。迄今为止，还没有一个公认的最好的模式适用于我国。此外，

为了研究气候变化对自然生态系统的影响，建立了各类专业模型，当前所用的专业模型多属静态或经验－统计模型，本身包含了许多假定，不确定性因素较多，而动态或过程模型较少，且多数仍限于局部地区甚至个别点的研究，有待于向区域扩展。

总之，今后，应大力改进大气环流模式，特别要发展区域气候模式，提高其分辨率，减少其不确定性；在研究中应重点使用大气环流模式，特别是瞬变模式的情景；与此同时，继续发展和改进各类专业模型；此外，还要加强实验，特别是野外观测以及模拟实验研究，以取得直接实验结果，并获取用于大气环流模式的重要参数；鉴于我国有着悠久的文明史，保存着其他国家无与伦比的丰富史料及完好的考古和地质记录，在研究全球气候对生态系统的影响时，应发挥我国之长，加强关于相似性的研究，从历史上获取未来增暖对自然生态系统影响的佐证。

参考文献

张新时，周广胜等：中国全球变化与陆地生态系统关系研究，《地学前缘》，4（2），1997。

李克让，陈育峰等：《全球气候变化国家研究——森林影响特辑》，51（增刊），1996。

徐德应，郭泉水等：《气候变化对中国森林影响研究》，北京：中国科学技术出版社，1997。

（李克让）

酸雨对生态系统的影响（Effect of Acid Rain on Ecosystems）

什么叫酸雨　酸雨是指pH 小于5.6 的雨水，也包括雪、雾、雹等其他形式的大气降水。酸雨是通俗的叫法，科学上称为酸沉降，包括湿沉降如酸雨、酸雪、酸雾、酸霰、酸雹和干沉降如二氧化硫（SO_2）、氮氧化物（NO_x）、氯化合物（HCl）等气体酸性物。形成酸雨的酸性物质有自然源和人为源。在自然界自然产生的酸性物质，在正常的降雨过程中能被稀释，使它们不会产生什么危害。人为源如燃煤发电厂、工业燃煤的锅炉、家庭炊用和取暖用煤以及机动车等排放的大量含硫和含氮的废气。这些人类活动排放到大气中的含硫和含氮的氧化物在运行过程中，经过复杂的大气化学和大气物理作用，形成硫酸盐和硝酸盐，与空气中的水分反应形成酸，随雨、雪等降落到地面，就是硫酸和硝酸的水溶液，就形成了酸雨。

酸雨对陆地生态系统影响过程　图9是以森林为例说明酸雨对陆地生态系统影响过程的框图。酸雨包括干、湿沉降物由空中降下，首先影响植被，然后经土壤和地下水影响湖泊水体生态系统。

酸雨对农作物的影响

（1）酸雨对农作物产量的影响　经过我国科学家研究发现，酸雨对农作物产量的影响，不同作物反应不一。8 种主要农作物对模拟酸雨敏感性反应和产量影响的试验结果表明，在酸雨pH 为3.0 时，油菜最敏感，小麦、玉米、大麦等次之，水稻不敏感，烟草和黄麻最不敏感，其敏感性排列次序为：油菜＞小麦＞玉米＞大麦＞大豆＞水稻＞烟草＞黄麻。蔬菜比谷类作物易受酸雨危害，15 种蔬菜试验结果表明，如以pH3.5 的模拟酸雨为基准，属于敏感性的有6 种：番茄、芹菜、茄子、春瓢白、豇豆和黄瓜，其产量影响下降可达20％以上；属于中等敏感的有4 种：生菜、冬瓢白、四季豆和辣椒，其产量影响下降可达10％～20％；属于抗性较强的有5 种：青椒、甘蓝、菠菜、小白菜和胡萝卜，其产量影响在10％以下。必须指出，叶菜类的蔬菜由于叶片受酸雨危害出现伤斑或叶片褪绿，也会使其质量降低，直接影响市场价格。

模拟酸雨试验结果表明，影响作物减产

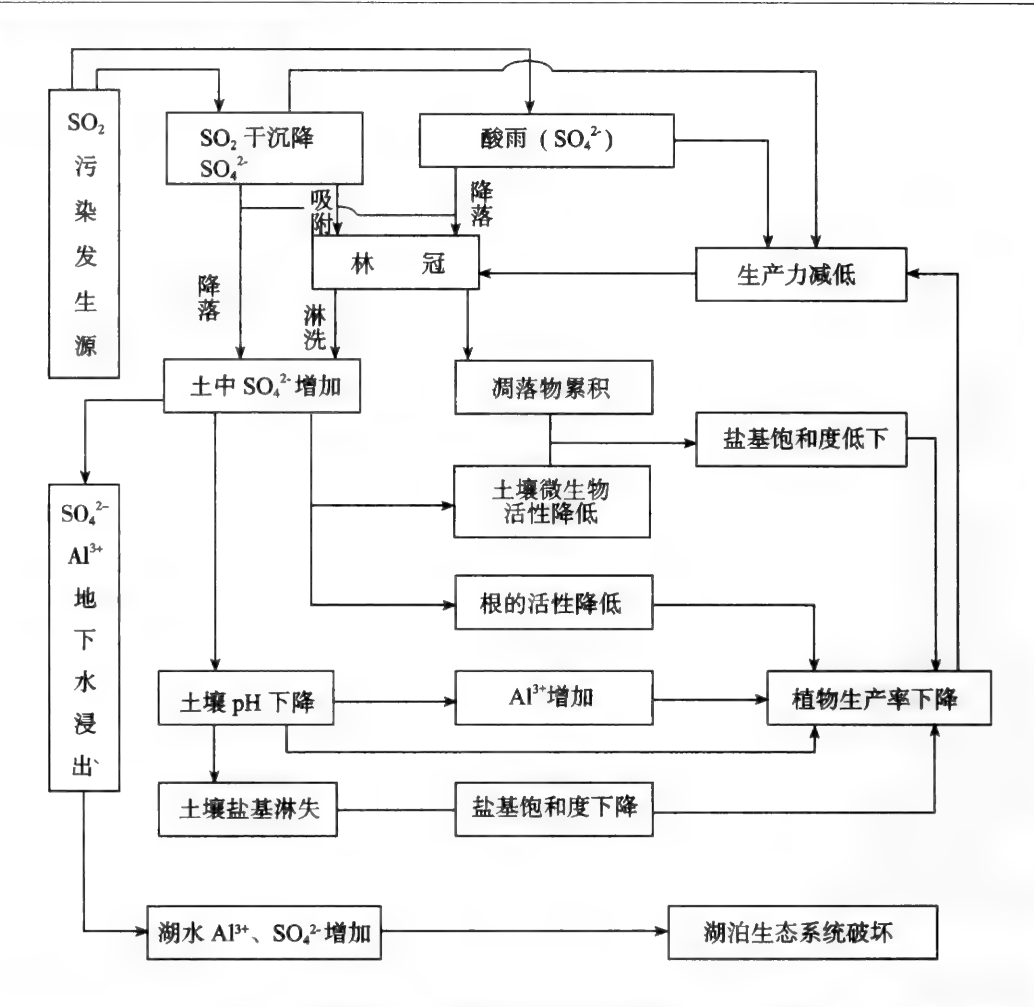


图9 酸雨对陆地生态系统影响过程的框图（仿户 绩）

5%的基准值，抗性作物（水稻、大豆、花生等）为pH 3.2～3.8；中等敏感作物（小麦、玉米、薯类等）为pH 4.0～4.6；敏感作物（大部分蔬菜）pH 4.6～5.2。上述作物减产10%～15%的基准值分别为pH 2.8～3.0、3.6～4.0和3.8～4.4，减产20%～25%的基准值分别为pH小于2.6、小于2.8和小于3.0。

酸雨对农作物的危害经济损失　根据"七五"、"八五"国家攻关酸雨课题在四川（含重庆）、贵州、广东、广西、浙江、安徽、福建、江西、湖南、湖北等11省（区）的研究结果，酸雨对农作物危害的播种面积为$1.288\times10^5\ km^2$，经济损失达42.6亿元/年。

酸雨对森林的影响

（1）酸雨对森林的危害　酸雨造成森林衰亡的现象最早是在我国西南地区出现。据报道，重庆南山1 500 ha马尾松（*Pinus massoniana*）林已死亡46%；四川峨眉山冷杉（*Abies fabri*）林死亡率达40%；四川奉节县茅草坝林场6 000 ha华山松（*Pinus armandii*）林已经死亡达96%。此外，广西柳州市郊、广东广州市郊、浙江杭州市郊和天目山等地也发生较严重的酸雨对林木的危害。

不同树种对酸雨的敏感性和生态效应不同。亚热带东部地区108种树种对酸雨和SO_2复合污染危害的敏感性试验结果表明，根据伤害阈值、叶伤斑比率、初次出现症状时的剂量和初次出现症状的时间四项指标综合的

比较，属于敏感的树种有27种，中等敏感的树种有55种，抗性的树种有26种，其中在敏感树种中有我国特有的珍贵树种水杉（*Metasequoia glyptostroboides*）、银杏（*Ginkgo biloba*）和珙桐（*Davidia involucrata*）等。

（2）酸雨对森林生长量的影响　贵州和四川两省气候条件一致，林分、年龄相似的马尾松林和杉木林的研究表明，降水pH小于4.5对森林生长有不利影响。采用数量化理论Ⅰ数学模型对各因子（海拔、坡向、坡位、坡度、土壤厚度和降雨酸度等）分析得出，贵州省酸雨对森林胸径、树高、材积生长影响的贡献率：马尾松为48.97%、33.90%和48.32%，杉木为31.86%、32.38%和25.17%；而在四川省相应的马尾松为45.40%、46.40%和29.19%，杉木为46.50%、33.90%和33.98%；其后按公式计算酸雨对胸径、树高、材积的年平均生长量的损失率，计算结果表明，pH4.5以下的酸雨对贵州马尾松林的胸径、树高和材积年生长量分别下降6.71%、2.02%和16.37%，杉木林的胸径、树高和材积年生长量分别下降8.50%、8.36%和13.26%；而四川马尾松林的胸径、树高和材积年生长量分别下降15.12%、17.59%和22.15%，杉木林的胸径、树高和材积年生长量分别下降14.72%、14.85%和29.06%。

（3）酸雨对森林的危害经济损失　酸雨对森林的危害损失，分为直接损失和间接损失。直接损失通常以能用货币价值来度量的木材材积来计算。先计算酸雨危害木材的年损失量，然后进行木材经济损失的估算。间接损失是指生态效益的损失。森林生态效益通常包括涵养水源如防止洪水、减缓枯水，保护国土如防止水土流失、风沙危害，保护野生动物，净化大气和调节气候等方面。日本研究表明，森林生态效益的价值占森林总效益的93%，木材效益仅占7%；据美国测算，森林生态效益与木材价值之比为9：1；刘清泉对山西的研究得出，森林生态效益的价值占森林总价值的91%。根据“七五”、“八五”国家攻关酸雨课题在11省（区）的研究结果表明，木材经济损失为18.02亿元/年；森林生态效益经济损失为162.30亿元/年。

酸雨对土壤的影响

（1）酸雨对土壤化学性质的影响　土壤受酸雨长时期的影响后，土壤化学性质发生变化，造成土壤pH下降，土质恶化，使正常的生态系统失去原有的平衡。

我国西南重庆市区内，重酸雨区的黄壤和污染较轻的郊区黄壤的土壤pH测定结果，市区在4.51～4.84之间，平均为4.56；而郊区在4.55～5.63之间，平均为5.04，市内比郊区下降达半个pH单位。不同植被覆盖的黄壤也有差异，重庆南山马尾松林下土壤溶液的pH为4.3～4.6，比樟树（*Cinnamomum camphora*）林下土壤溶液的pH4.5～5.0明显要低，土壤溶液中的SO_4^{2-}浓度樟树林下的比马尾松林下的要高出3倍，上述情况表明，樟树常绿阔叶林在一定程度上对减缓土壤酸化起作用。模拟酸雨对重庆黄壤化学性质影响的试验结果表明，无论是表层土（0～4 cm）还是深层土（15～20 cm），活性铝含量随土壤pH下降而增加，而交换性钙、镁离子和盐基饱和度则相反，呈下降的趋势。

（2）酸雨对土壤微生物的影响　酸雨对土壤微生物种群数量有明显的影响。对重庆地区重酸雨区、轻酸雨区和相对清洁区的马尾松林下土壤微生物分析结果表明，受酸雨的影响，土壤中微生物总数明显减少，其中细菌数量减少最显著，放线菌数量略有下降，而真菌数量有所增加。土壤细菌中，芽孢杆

菌具有较强的氨化能力，对土壤中蛋白质等含氮有机质的转化有重要作用，酸雨的影响使细菌中芽孢杆菌数量减少。在重酸雨区土壤中，蕈状芽孢杆菌（*Bacillus mycoides*）、巨大芽孢杆菌（*B. megatherium*）、蜡状芽孢杆菌（*B. cereus*）和枯草芽孢杆菌（*B. subtilis*）的数量与相对清洁区相比，数量明显减少。受酸雨的影响，土壤中真菌数量增加，但种类减少，数量增加主要是由于较喜酸性的青霉（*Penicillium*）和木霉（*Trichoderma*）数量增加。

（3）酸雨对土壤微生物生化活性影响　酸雨明显减弱土壤微生物的氨化作用强度，在重酸雨区氨化作用强度较轻酸雨区下降27%，经折算每千克土减少约50 mg 氨态氮；较相对清洁区下降50%，约相当于每千克土减少约500 mg 氨态氮。酸雨的影响也使硝化作用有所下降，固氮作用变化不明显。

酸雨对水生生物的影响

（1）酸雨对鱼类的影响　酸雨对白鲢、鳙鱼和草鱼的早期生活阶段的发育、孵化、存活、畸形率等影响的研究发现，这三种鱼对低pH 水体的敏感性没有显著差异，但不同生活阶段的敏感性不同，受精卵、仔鱼和幼鱼能存活的pH 水平分别为6.0、5.5 和4.5；当pH≤6.0 时，仔鱼畸形率随pH 的降低而升高。

（2）酸雨对其他水生生物的影响　低pH 对浮游生物大型蚤（*Daphnia magna*）存活、生长和生殖影响的急性试验结果表明，24 小时LL50（半致死水平）为pH4.66，48 小时LL50 为pH 4.94。慢性试验中平均存活时间在 0 天（pH4.00）至 11 天（pH7.00 和对照）之间。

（3）水体酸化现状及对水生生物的影响　我国酸雨严重的四川、重庆、贵州地区的大江大河如长江、嘉陵江、涪江、岷江、沱江等水体目前pH 在7.6～8.4 之间，总碱度在1.52～2.3 mEq/L 之间，电导率在170～440 s/cm 之间，都不是酸化水体。四川稻田养鱼近 3.0×10^5ha，其中位于降雨年平均pH5.0 等值线之内的近2.7×10^5ha。据调查，泸州地区水田碱度平均为1.92 mEq/L，pH在7.0～7.6 之间，加上施肥量大，近期也不可能酸化。紫色土区水库、池塘目前也未被酸化。仅在重庆黄壤地区个别小池塘发现Al^{3+}和SO_4^{2-}的浓度稍高，浮游生物（藻类）的现存量和物种减少。据统计，四川、重庆和贵州有可能酸化（pH 6.5）的养殖渔业水体近2.3×10^4ha，如不采取措施，估计10 年后渔业损失每年将达6 000万～7 500万元。

参考文献

冯宗炜主编：《酸雨对生态系统的影响》，北京：中国科学技术出版社，1993。

冯宗炜，曹洪法，周修萍等著：《酸沉降对生态系统的影响及其生态恢复》，北京：中国环境科学出版社，1999。

冯宗炜，小仓纪雄：重庆酸雨对陆地生态系统的影响和控制对策，《环境科学进展》，6（5）：1～8，1998。

（冯宗炜）

指示植物研究（Studies on Plant Indicator）

环境条件是复杂的、多因素的，又是不断变化的综合体。植物长期适应这种环境条件，与环境形成辩证的统一体。植物及其群落的分布、植物的各种生物生态学特性，都与环境条件保持密切联系。因而植物对它的生活环境条件（如光照、温度、水分、土壤、大气等）都具有一定的指示意义。利用植物种或植物群落和植物的各种变异特征指示环境条件的称为指示植物。指示植物可分为狭

义和广义的两个方面。那些只能适应狭小环境幅度的植物种或植物群落为狭义的指示植物；利用植物的变异特征，如植物的生长发育、生理机能、形态结构、产品的数量和质量、生长期、生活力、化学成分含量等的异常，来指示环境条件的为广义的指示植物。

我国在2 000年以前的《管子地员篇》里，就曾记载有华北大平原上的土壤与植物的关系，已经有把天然植物作为指示植物的思想。但真正的指示植物研究，是开始于20 世纪30 年代，侯学煜（1912～1991）做了开创性和奠基性的研究工作。1937 年，他在湖南实测土壤详图时，发现相近咫尺的紫色丘陵，有规律地分布着酸性土（pH 为4.0～4.5）和石灰性土（pH 为7.5～8.0）。酸性土上生长着马尾松（*Pinus massoniana*）和铁芒萁（*Dicranopteris linearis*）等，而石灰性土上生长着柏木（*Cupressus funebris*）、念珠藻（*Nostoc commune*）等。后经过他在贵州的土壤、植物调查，在他1941 年发表的《贵州中北部之土壤》专著中，就列出了酸性土、钙质土的指示植物。

50 年代以来，为适应我国农业、林业和地质矿产勘探等发展的需要，指示植物的研究进入了发展时期。1954 年，侯学煜总结了他过去16 年的调查研究结果，发表了《中国境内酸性土、钙质土、盐碱土的指示植物》专著，引起了国内外植物学、农学、林业科学、土壤学界的重视，是指示植物研究的最重要的成果，在前苏联的《地植物学》专著中也提到侯学煜对指示植物研究的贡献。该书阐述了我国各类土壤的化学性质，叙述了酸性土指示植物68 种，如我国亚热带和热带气候区酸性土指示植物铁芒萁、狗脊（*Woodwardia japonica*），湿冷气候的酸性土指示植物地刷子（*Lycopodium complanatum*）等，指示土壤pH 4.5～5.0。钙质土指示植物38 种，如暖温带、亚热带和热带气候区钙质土指示植物蜈蚣草（*Pteris vittata*）、铁包茅（*Neyraudia reynaudiana*）等，土壤 pH 为7.0～8.0。盐碱土指示植物51 种，如温带气候区盐土指示植物海蓬子（*Salicornia herbacea*），盐碱土指示植物盐吸（*Suaeda ussuriensis*）等；半干燥寒温气候区碱土指示植物驴耳朵（*Saussurea glomerata*）、盐土指示植物盐爪爪（*Kalidium gracile*）等。同时还列举了酸性土、钙质土、盐碱土上的31 个指示植物群落，如广西强酸性红黄壤上的马尾松、桃金娘（*Rhodomyrtus tomentosa*）、铁芒萁群落，四川钙质土上的柏木、岩青刚（*Quercus glauca*）、蜈蚣草（*Eremochloa ciliaris*）群落，海滨盐土上的海蓬子、盐吸群落等。此外还阐述了植物生长发育、形态、产量和质量、发育期和叶子颜色变化以及化学成分含量异常等对环境条件的指示作用的一些实例。

金属矿指示植物的研究开始于50 年代初。1953 年，谢学锦等报道了长江中下游铜矿指示植物海州香薷（*Elscholtzia haichowensis*），在地质矿产勘探界引起了关注，并在铜矿普查中应用。近几十年来，取得了许多成果：(1) 相继发现了近20 种金属矿指示植物及一些指示植物群落。如在四川，红草（*Sedum rosei*）的带状分布与成带状分布的铜矿原生晕基本一致，铜钱白株树（*Gaultheria nummularioides*）和头花蓼（*Polygonum capitatum*）成片生长与铜矿的分布有密切关系；在东北，毛轴蚤缀（*Arenaria juneae*）密集、成丛茂盛地生长在铅、锌矿上，对铅、锌矿有指示作用；在长江中下游，海州香薷、蝇子草（*Silene fortunei*）、瞿麦（*Dianthus superbus*）、女娄菜（*Melandryum apricum*）等优势种组成的群落可指示铜、钼矿等。(2) 植物体变异指示矿藏。如矿化带上的某些植物常常叶片褪

绿，有的植物茎的下部和叶多呈紫红色，植株多分枝、丛生等，有的植物器官变异等。(3) 植物金属元素含量异常指示矿藏。植物根系吸收的土壤和岩石裂隙水中的金属元素积累在植物体中，在矿区可达到异常高的程度。如青海锡铁山铅锌矿区的中亚紫菀木(*Asterothamnus centrali-asiaticus*) 铅含量的植物地球化学图，异常明显地圈出了铅锌矿的位置。用继木 (*Loropetalum chinense*) 嫩枝的铀含量异常指示铀矿，见矿率达84.2%。

林业和水文地质指示植物的研究从50年代以来也相继展开，取得了许多成果。在林业上主要研究用植物指示造林的立地条件和原来是否有林等，发现了具有指示意义的植物200多种及指示植物群落。如荆条(*Vitex negundo* var. *hetrophylla*) ＋酸枣(*Zizyphus jujuba* var. *spinosus*) ＋丛生引子草 (*Cleistogenes caespitosa*) 群落，指示出原来是华北的松 (*Pinus* spp.)、栎 (*Quercus* spp.)林。在干旱区的植物与地下水关系的研究中，发现了一些指示地下水的植物和植物群落，如拂子茅－沼泽蔺、野苑－水麦冬群丛复合体，指示地下水位约85～114 cm；囊果碱蓬群落指示地下水位1～2.5 m 等。

通过多年的研究，提出了一整套指示植物研究的指导思想、研究意义、内容和方法。首先，研究指示植物应具有的基本观念：(1) 任何环境条件都不是孤立地对植物发生作用，而是与其他的条件联系起来综合地对植物发生作用，过于简单地分析植物与环境的关系，常常会得出不十分确切的结论。(2) 在各种环境条件中要找出主导因素。在一定场合或地区内，对于影响植物生活的各种环境条件不能平均看待；在不同场合起主导作用的条件是不同的。(3) 在研究植物与环境的关系时不可忽略植物的本性。指示植物是经过外界环境和内部条件的一系列矛盾统一的产物。因此每种指示植物对于环境的特殊关系，是经过矛盾与不协调而固定下来成为遗传性的结果。(4) 指示植物是指一个种而不是植物个体，在利用植物指示环境的时候，可以与植物群落的指示意义结合起来。第二，指示植物指示的作用：(1) 指示它们生长地的气候和土壤的综合。(2) 同一种植物对环境的指示作用，随当地具体情况所指示的生态因素有所不同，有时是气候的，有时是土壤的等。(3) 指示各种人为经济活动对环境条件的影响。(4) 指示某地长时期的气候和土壤的变化特征。第三，指示植物的研究方法，主要是进行野外调查研究、室内化学分析，还可根据需要进行盆栽实验。第四，指示植物和植物指示意义应是辩证的统一。植物指示意义是普遍存在的，指示植物是对一定的环境条件更具有标志特征或指示环境条件准确度高的植物。多年来对指示植物认识上有些差异，有的人把已报道的某些指示植物给予否定，有的更强调植物的指示意义，这是正常现象。有的学者把指示植物分为五级：绝对的、可靠的、满意的、准确度低的和具有微小指示意义的指示植物，并指出，在指示植物研究的实践中绝对的指示植物几乎没有找到，用可靠的和满意的指示植物，可以得到实际指示的准确性，后两级虽有指示意义，但没有多少实用价值。实际上，第二级、第三级指示植物正是要研究确立的指示植物，如果这样理解，在指示植物和植物指示意义上就可统一认识了。

近20多年来，环境污染（尤其是大气污染）指示植物研究，取得了很多成果。如利用敏感植物监测不同的大气污染物；测定植物中污染物含量，估测大气污染状况；观测植物的生理生化变化，对大气污染长期效应做出判断；观测植物生长状况（包括受害症状）、树木年轮中污染物含量变化，估测大气

污染现状与历史；在80年代初方宗熙等研究了染色体的指示作用，并用来监测青岛一个工厂的大气污染。通过研究总结了一些研究方法和监测指标，如植物监测器的选择标准和方法；监测大气污染的植物症状指示指标，大气污染环境中植物生长势和产量评价指标，植物生理（光合、呼吸、气孔开度等）指标，植物体内污染物含量分析指标等。遥感技术应用在指示植物研究上，也取得了一些成果。

指示植物研究在国民经济中具有重要的作用：（1）指示植物可以指示土壤的各种物理化学条件和其他环境条件，用来指导荒地的开发利用和改良；可以作为作物选种和引种的参考，如耐受作物品种的选择和引种驯化，指导特有经济作物的推广，提高产品的质量和数量。（2）在林业上，指示现有森林的立地条件、生长状况和蓄积量；指示无林区原来是否为有林区；指导人工造林，进行适地适树种植和森林抚育等。（3）指示植物研究可以作为水文地质调查时的自然指标和矿藏勘探的引导者。（4）指示植物可以作为环境污染的监测器。

随着社会实践的发展，指示植物研究仍然具有重要的理论和实际意义，尽管科学技术的发展对环境条件的监测手段越来越多，但指示植物作为自然的自动监测系统仍具有不可代替的作用。它的研究和应用会更加广泛和深入，如在农林业、环境污染的植物监测、运用植物寻找隐伏矿和盲矿、大气环境长期变化的监测、矿区废弃地复垦中指示植物等方面的研究和应用会有更大发展。生物学、化学和物理学的先进技术将会在指示植物的广义研究方面得到进一步应用，有望在不久的将来发展成一门指示植物学。

参考文献

侯学煜：《中国境内酸性土、钙质土和盐碱土的指示植物》，北京：中国科学院出版，1954。

孔令韶等：我国金属矿指示植物的研究，见：姜恕等主编：《植被生态学研究》，北京：科学出版社，1994。

王勋陵：《生物指示学》，兰州：兰州大学出版社，1994。

费延瑞：《指示植物与造林》，北京：中国林业出版社，1992。

（孔令韶）

环境污染对植物影响的研究 (Studies on the Effect of Environment Pollution on Plants)

一、基本概念与发展过程

环境污染与植物是指研究各类污染物进入大气、土壤、水环境后，超过了植物个体或群落的忍耐力，使其外在或内在结构、功能失调、受损，以至产生影响其产量或利用价值的各种反应，利用其反应的各种征象，评价环境的受害程度，并使受损的生态系统恢复协调与平衡。

第二次世界大战后，随着工农业、交通、能源的发展，大量污染物排入环境，造成农田、森林、矿区、水域生态系统的污染，有毒气体和酸沉降影响树木生长，森林成片死亡；水质、土壤污染，使作物受害、减产、变质；农药、重金属在粮食、蔬菜中积累，超过卫生标准；水生植物种类减少，甚至绝迹。

70年代初，我国政府和科学工作者开始重视环境保护，科学院成立环境保护办公室，率先组织院内外有关科研教学单位对官厅水库水源进行调查，其中包括水库上游地区水质、土壤的污染调查。以后全国很多城市都陆续开展污染状况调查与环境质量评价工作。"六五"、"七五"国家攻关项目中，大气、水、土壤污染状况与环境评价都被列为重点

项目。“八五”、“九五”重点对大气中酸沉降对农田、森林生态系统影响及气候变化对生态系统影响与模型建造进行研究。20多年来，我国植物、土壤污染状况调查、评价及污染物对植物影响的研究，取得了很大成绩。

二、主要研究内容与成果

污染物对植物、群落的影响 大气污染对植物的影响研究方面，70～80年代大量调查研究表明：我国主要城市和工厂附近的树木及农作物普遍受SO_2的污染，其次是HF、Cl_2、粉尘和颗粒物中重金属的污染；植物在一定忍耐限度内能吸收大量有毒气体，有些能在植物代谢过程中转化为无害物质，有些污染物则积累在植物体内；不同植物种对污染物抗性不同，受害程度也不同。采用静态和动态熏气试验确定了不同植物受害的临界浓度，浓度过高会出现急性伤害，低浓度会出现慢性伤害或不可见伤害。不同污染物，植物受害症状各异，受害程度与污染物的浓度、污染延续时间和各种环境因素有关。江苏植物所、中国科学院上海植物生理所、沈阳林业土壤所、植物所等单位筛选出一批对SO_2、HF、Cl_2等污染物敏感和抗性植物，根据几百种植物的伤害阈值进行抗性分级，并对植物的SO_2抗性机理、生态、解剖进行了研究。80年代编撰出版了《大气污染伤害植物症状图谱》、《城市绿化与环境保护》、《环境污染与植物》等。

水质、土壤污染对植物的影响研究方面，我国干旱地区用未经处理的城市、工业污水或矿山污水灌溉农田，污染了作物和土壤。70年代调查表明，各主要灌区污水中含有各种无机和有机化合物，不同工矿类型的污水，污染物的种类各异。含石油、苯、烷等有机化合物为主的污水，长期灌溉沈阳抚顺、北京房山灌区，局部地区土壤受油的污染，蔬菜品质恶劣，苯、烷明显积累，影响食用。用标记^{14}C示踪等试验表明，污水所含的致癌物苯并（α）芘不易转移至水稻的地上部，并可在作物代谢过程中被同化或降解，籽实中积累极少。含重金属为主的污水灌溉沈阳、天津市郊、北京东南郊灌区，北京东南郊和沈阳张七灌区局部土壤分别为中度污染和严重污染，土壤、作物中Cd明显积累，稻米中的含量超过食品卫生标准。天津市郊局部地区Hg污染严重，稻米Hg含量超过卫生标准。通过盆栽试验提出防治Cd污染的措施，制定Cd、Hg等8种重金属危害作物的污水临界浓度和6种重金属（有效态）的土壤环境标准。含酚、氰、农药等有机化合物为主的污水灌溉北京西郊、天津市郊和官厅水库上游灌区，长期污灌使个别地区酚污染严重，蔬菜有异味，积累明显。70年代，天津汉沽污水中三氯乙醛使小麦大面积死亡，查明是由于土壤中三氯乙醛转化成三氯乙酸造成的，但土壤灭菌后可防止三氯乙酸生成。70～80年代，污水中的六六六和有机砷农药，污染了土壤和作物，天津市郊个别地区玉米籽实六六六含量超过卫生标准，苏南地区稻米有机砷含量超过食品卫生标准。经试验提出酚、氰污水灌溉临界浓度和农药使用标准。

污染物在植物—土壤中的迁移、积累 多种重金属、农药及有机化合物在植物体内积累，影响质量和产量，积累量因植物种类、发育阶段、不同器官、生存环境、污染物性质而异。采用盆栽和同位素示踪试验表明：Pb向作物地上部转移最少，Zn最快；作物输出的Hg、Cd、As较多，Pb、Cr较少；Cd在水稻孕穗期由根转移至籽实。土壤pH、重金属有效态含量等是影响作物积累重金属的重要因素。70年代调查我国主要作物区土壤，发现在棉区DDT残留量较高，稻区残留量较低。DDT残留在稻壳和米糠，可从饲料进入食物链。80年代改用有机磷和一些新农药，

故较多研究有机磷在作物、蔬菜、果树、土壤的残留、转运、消解动态及持久性。有机磷在作物中残留量较低，分解较快，而内吸性有机磷分解较慢。

污染物对植物生理、细胞、生化等机理影响 80年代采用田间、室内模拟试验研究重金属、农药等对植物光合、蒸腾作用及气孔阻力的影响。90年代较多研究各种污染物对植物细胞、代谢、遗传及各种酶活性的影响。近年来研究重金属之间及重金属与表面活性剂的复合污染对作物生理、细胞、酶活性及其基因表达的影响，以及作物种群对重金属污染的生态分化、品种退化及种间差异性的影响等。

植物对环境监测与净化作用 70～80年代现场调查分析北京、天津、沈阳等城市绿化植物和河北白洋淀、北京一些坑塘水生植物，明确了植物的监测、净化作用。植物监测大气污染的方法，较广泛采用的有现场调查法、症状监测法和污染物含量监测法，其他还有定点盆栽监测法、地衣苔藓监测法、年轮监测法、微核监测法。70年代开始利用植物叶片出现的SO_2、HF的症状判断城市、工厂周围大气污染种类和程度；测定植物叶片SO_2等污染物含量，监测北京、天津等地的大气污染；测定树木年轮的重金属含量，监测北京、承德大气污染的历史状况。80年代云南等地利用地衣、苔藓种群的数量、分布等监测大气污染；用籽露草微核和蚕豆根尖及大蒜鳞茎细胞做微核监测大气污染获得成功。80～90年代，研究应用植物生理、细胞、生化指标监测大气及水环境。发现不同植物积累能力、净化能力不同，并计算了一些常见树种和水生植物的净化量。利用植物监测和净化数据，评价了调查区的环境质量。

植物或植被对污染和破坏生态系统的恢复与整治 80年代对一些矿山废弃地的生态重建情况做了调查，研究废弃地的先锋植物；近年来研究石墨矿和煤矿（唐山开滦等）废弃地的生态复垦，制定规划和设计适宜于不同塌陷类型的土地复垦模式。90年代开展城市垃圾填埋场的植树造林试验；重视对退化自然生态系统的重建与恢复；研究红壤严重退化生态系统的恢复与重建措施和植物多样性、地力差异的关系；较系统研究一些被破坏生态系统自然恢复的演替过程，以缩短生态恢复的时间。

全球气候变化对植物、生态系统影响 大气中污染物和“温室气体”大量增加，改变了大气成分，导致全球气候变暖。主要“温室气体”有水蒸气（H_2O）、二氧化碳（CO_2）和臭氧（O_3），其他还有甲烷（CH_4）、一氧化二氮（N_2O）、氟氯烃（CFC）等。80～90年代采用开顶式熏气装置研究了CO_2倍增对作物、森林树种、灌木的生长发育、生理功能、品质、产量、根系分泌物等影响；比较了C_3与C_4植物对CO_2倍增反应的特点。90年代采用水稻生育生理生态的综合模式预测气候变化对浙江省水稻产量的影响；研究气候变化对长江三角洲农业生态系统及我国森林生产力的影响。近年来研究植物、土壤释放N_2O和CH_4及不同生态条件对稻田N_2O、CH_4排放的影响，此外还研究了O_3和紫外线辐射对作物生理、品质和作物竞争性平衡的影响。

三、成果的主要作用和意义

污染物对植物、群落和生态系统影响及其机理研究，对阐明我国植物、土壤、大气污染状况，评价城市、工矿区环境质量，改善及保护环境有重要作用。植物监测和净化的方法对迅速了解环境污染程度及治理环境有实用经济价值；为制定大气污染物排放标准、污水灌溉水质标准及农用污泥控制标准提供依据；进行污染引起的植物机理影响的

研究，阐明受损的原因，为寻找防治途径和措施有理论和实际价值。总之，上述成果对促进和发展污染生态学、环境生态学、恢复生态学有重要意义。

四、发展趋势与展望

进一步研究污染物在植物个体、群落、生态系统中迁移、转化、影响及植物对污染物的生态效应及致毒机理；深入进行复合污染的植物生态效应及相互关系的研究；进一步研究植物监测及植被净化污染物的能力、容量；研究发展以植物细胞、生理、生化效应指标监测的标准方法，制定完善的植物监测、评价环境的标准方法；进一步研究污染和退化生态系统的恢复、重建的生物技术与措施；研究全球气候变化对生态系统的生态、生理效应的影响是污染生态学研究方向之一。

参考文献

张志杰，张维平：《环境污染生物监测与评价》，北京：中国环境科学出版社，1991。

刘厚田：污染生态学发展战略研究，见：马世骏主编：《中国生态学发展战略研究》，北京：中国经济出版社，347～359，1991。

王德铭：我国环境生物学研究十年，《环境科学》，4（6）：61～66，1983。

（黄银晓）

植被化学地理研究（Studies on Vegetation Chemogeography）

植被化学地理是以植被为出发点，研究植物群落建群种、优势种等的化学元素含量特征、季节和年际间的变化规律、区域分异，以及典型植物群落类型的元素循环等。

我国植被化学地理研究，开始于40 年代末。侯学煜（1912～1991）是该领域的开创者和重要贡献者。1945 年在美国留学期间，他就开始了植物化学成分分析方法和指示植物化学成分的研究，其成果于1950 年发表在美国《土壤科学杂志》上。1950 年他回国后，为适应国民经济发展的需要，他首先组建了我国第一个植物生态学研究室及植物、土壤化学分析室，组织和领导了全国的植被调查，有计划地采集植物群落建群种、优势种等的化学分析样品，进行了植物化学成分的分析和研究。1959 年《中国150 种植物的化学成分及其分析方法》专著出版，该书不仅论述了植物化学成分的含量规律，更重要的是分析方法的确立为后来植被化学地理研究创造了很好的条件。

1982 年，我国第一部论述植被化学地理的专著《中国植被地理及优势植物化学成分》（侯学煜著）出版，集中反映了我国80 年代以前的研究成果，填补了我国学科空白。该书所用的植物化学成分全是第一手资料，植物样品由植物生态学研究室研究人员采自全国各主要植被类型的建群种和优势种600 多种、1 700 多个样品，每个样品进行了灰分和N、P、K、S、Na、Ca、Al、Mn 等11 个元素的全量分析，部分样品进行了水溶性盐分析。该书主要的学术成就是：

1. 用元素化学特征类型的新概念，论述了中国主要植被类型的元素化学特征。植物的元素含量反映着植物在一定气候条件下从土壤中吸收、积累的矿物成分。植物吸收、积累各元素量的多少及其地理分布情况，决定于内因和外因的结合。一定的植物种类具有一定内在的元素吸收选择力，而一定植物种类所组成的植物群落与自然地理条件又是辩证的统一体，所以一些建群种和优势种的元素含量，就具有一定的地理分布规律。该成果把全国各植被类型的建群种和优势种的灰分含量分为七类：1～3 类属低量灰分范畴，植物的灰分含量占干物质2.00%～4.00%～6.00%。如温带、亚热带、热带的松（*Pinus*

spp.）林，温带云杉（*Picea* spp.）、冷杉（*Abies* spp.）林，亚热带杉木（*Cunninghamia lanceolata*）林、常绿阔叶林，热带酸性土常绿灌丛等等。4～5类属中量灰分范畴，植物灰分含量为6.00%～10.00%～15.00%。如温带落叶栎（*Quercus* spp.）林，亚热带柏木（*Cupressus funebris*）林、石灰岩落叶阔叶—常绿阔叶混交林。6～7类属高量灰分含量范畴，植物的灰分含量为20.00%～30.00%～45.00%，如热带红树林，温带盐地柽柳灌丛、盐爪爪盐漠、一年生多汁盐生草甸等。该成果全面论述了中国各植被区的植被化学地理特征。一定植被区的优势植被类型的存在，明显地反映着该区大气水热条件的特点。我国所划分的各植被区都有一定的优势植被类型及组成其的优势植物种类，由于植物对元素不同选择吸收力，它们的化学成分自然也各有其特点。同一植被区内由于地质、地貌、土壤条件的不同，亦存在着不同优势植物所组成的各种植被类型，其化学成分亦有所不同。该成果全面阐述了我国寒温带落叶针叶林区，温带落叶阔叶林区，亚热带常绿阔叶林区，热带季雨林、雨林区，温带草原区，高寒草甸草原区及其所属的八个亚区等优势植物元素化学成分的地理分布规律。如寒温带落叶针叶林区建群优势植物元素的化学特性属N>Ca>Si>K型，S、Ca、K、Na等的含量都低，略有聚Mn现象；热带季雨林、雨林区的砖红壤季雨林一些优势植物元素的化学特征可属N>K>（或<）Ca（Al、Mn）型；温带荒漠区西北部荒漠亚区中的优势植物白梭梭，是依靠大气降水生活的，其元素化学特征属K>N≥Ca>Na型，而梭梭柴荒漠的分布与含盐的地下水有关，其优势植物元素的化学特征属Na>N>K>（或<）Ca>Cl型，Na含量一般为5.000%～9.000%，K含量最高可达4.700%。

2.发现并阐述了中国某些元素富集植物的种类及其地理分布。该成果十分强调土壤因素对植物化学成分的影响。由于不同土壤溶液中所含元素成分的差异，以及不同植物本身对元素吸收选择力的不同，一定的植物种类就具有一定的元素富集现象。该书论述了富集Al、Mn、Na、S、Cl、K、Ca的植物种类及地理分布规律。列举了富集Al的植物9科55种，富集Mn的有15科32种，富集Na、Cl、S的有30科77种，富集K的有18科41种，富集N的有20科65种，富集Ca的有32科74种，富集Si的有23科153种。如大多数植物含Al量只有0.000%～0.050%，但石松科、里白科、野牡丹科等的某些种Al含量可达1.000%～2.000%。藜科、柽柳科等的一些植物种含Na量可达2.00%～10.00%，含S量可达2.00%～4.00%等。富集一定元素的植物种类必然出现在一定的气候和土壤条件下，因而元素富集植物在地理分布上有一定的规律性。一般说来，富集Al的植物主要分布在我国亚热带、热带的酸性土壤上；富集Na、Cl、S的植物分布于温带荒漠区各类荒漠土、滨海和内陆的盐化草甸土和盐土上。

近十多年来植被化学地理的研究，在内容上，侧重于一些典型的植被小区或植被类型的建群种和优势种的不同器官、同一器官在不同季节和不同年际间元素含量的特点和动态变化，植物元素含量与土壤元素含量之间的相互关系，以及营养元素循环的研究等；在方法上，利用先进的仪器设备和计算机技术，快速测定植物中的多种元素含量，对数据进行数理统计和数量分析，取得了许多新的成果。1997年陈灵芝等编著出版的《中国森林生态系统养分循环》一书，系统论述了中国热带、亚热带9个森林类型，温带10个森林类型的建群种和优势种的N、P、K、Na、Ca、Mg、Si等元素含量特征和区域分异。

(1) 大多数森林类型营养元素含量为草本层>灌木层>乔木层;(2) 多数乔木种类各器官元素含量为叶>枝>皮>根>干,不同植物不同元素又有所差异;(3) 植物各器官元素含量排序不同,就N、P、K、Ca、Mg来说,Mg和P在植物各器官中的含量都较低;(4) 各优势树种在不同生长季节、不同树龄元素含量呈有规律性的变化。如北京西山油松人工林油松元素含量季节变化可分为三种类型:季节性升降型—N、P、K,持续增加型—Ca,稳定型—Mg。再如杉木针叶N含量,7~12年生长阶段逐渐增加,14~20年逐渐下降,35年后基本稳定在一个水平上;Ca含量在整个生长阶段是逐渐增加;P含量变化不大,略平稳下降。该成果还对各森林类型之间元素含量的差异进行了对比分析。

在温带草原区研究了典型栗钙土草原地带100多种植物N、P、K、Ca、S等9个元素含量,将这些元素分为三个含量水平,将100多种植物分为高、中、低三个组。在东北松嫩平原和青海高寒地区研究了盐化草甸和高寒草甸优势植物的K、Na、Mn、Cu等元素含量特征和分布规律。在内蒙阿拉善和新疆荒漠区研究了荒漠和盐化草地优势植物元素含量特征、季节变化规律,并进行了植物中元素含量之间、植物和土壤元素含量之间的相关分析等。研究了昆仑山地区87种植物21个元素的含量特征及区域分异:该地区植物中的Ca、Cr、Fe、V、Cd含量偏高,Pb、P含量偏低;盐柴荒漠植物中Na、K、Mg、P含量较高,高山草甸、冰缘植被植物中Ba、Ca、Fe、V、Ti含量较高;利用植物元素含量对植物和7个植物群落类型进行分类排序,结果显示出从低海拔到高海拔植被垂直带分布规律,区分出高Na、K型和Fe、Al、V型植物。

植被化学地理研究具有重要的理论和实际意义:(1) 为植物群落类型特征、分布规律和植被分区提供重要资料,充实植被地理和植被分区的科学内容。(2) 由于植物群落优势植物化学成分含量密切地联系着当地的气候、土壤等自然条件,它的研究为环境背景值、地方病病因的研究提供重要的科学资料;同时对环境条件具有指示作用,为有关地区的农、林、牧业的发展提供基础资料。(3) 植物元素化学成分是评价饲草、饲料营养价值的科学依据;对于某些经济植物的利用亦有很大的参考价值。

植被化学地理研究,今后将在一些典型的或有代表性的区域或植被类型内,进行建群种和优势种的元素吸收、积累、分布和迁移规律的深入研究;进行空白地区(如高寒荒漠区)的研究,充实植被地理和分区的科学内容;在应用于牧草营养成分和草场质量评价、草地合理利用、地方病病因研究等方面将得到进一步发展。

参考文献

侯学煜等:《中国150种植物的化学成分及其分析方法》,北京:高等教育出版社,1959。

侯学煜:《中国植被地理及优势植物化学成分》,北京:科学出版社,1982。

陈灵芝等编著:《中国森林生态系统养分循环》,北京:气象出版社,1997。

孔令韶等:喀喇昆仑、昆仑山地区植物元素含量的区域分异和数量分析,《应用生态学报》,6(2):115~127,1995。

(孔令韶)

农林复合生态系统研究 (Studies on Agroforestry Ecosystem)

在我国广大的农村,无论是南方或北方、山区或平原,随着人口的急剧增长,带来了一系列供需矛盾和生态环境、经济问题,诸如粮食不足、能源紧张、土地退化、劳动力

过剩、贫困化等，严重影响了农村的可持续发展。这一现实使大家认识到，依靠传统的单一的农业或林业生产经营方式，已无法满足人们日益增长的物质文化生活的需求。为了使广大农村摆脱贫困，使农业和林业生产得以持续发展，许多生态学家、农学家和林学家等在理论研究和实践的基础上，提出了农林复合生态系统这一经营模式。国际上，20世纪70年代在有关农林刊物上初次出现“树作农业”(tree-crop agriculture)这一概念，并将其定义为：农业结构中渗入林业成分，把林业看成农业的一个组成部分，将林业经营和农业经营结合起来，在同一块土地上获得农产品和林产品。1982年国际农林业研究委员会（ICRAF）对农林复合生态系统的概念做了全面而准确的定义：农林复合生态系统就是通过空间和时间的布局安排，将多年生的木本植物精心地用于农作物和（或）家畜所利用的土地经营单元内，使其形成各组分间在生态上和经济上具有相互作用的土地利用系统和技术系统的集合。

农林复合生态系统研究的主要内容及其研究进展：

农林复合生态系统的分类　农林复合生态系统的分类是研究其结构、功能的基础。由于世界各地自然、社会、经济和历史条件不同，与此相应的农林复合生态系统模式也就种类繁多，目前国内外比较完整的分类系统主要有3种：1. Nair于1985年提出的以系统结构、功能、生态环境和社会经济规模为因子的分类方法（组分分类法）。根据这一分类方法将世界主要热带地区的农林复合生态系统进行了分类，得出了一个逻辑性强的、简单的、规范化的、目的明确的分类系统。由于全世界农林复合生态系统经营目的、经营方式差异很大，这一分类方法有其局限性。2. 邹晓敏等于1990年根据农林复合生态系统的性质、组分，针对中国的具体情况进行了分类(组分分类法)，大体上分为7种类型，26个单元。这两种分类法并没有很好地反映出农林复合生态系统的分类原则。一个好的分类系统应该具备两个特点：能够充分地反映系统内各组分间生物的、社会经济的关系；易于理解和应用。组分分类法既没有很好地反映出农林复合生态系统与其他农田、林业系统的区别，也没有反映出农林复合生态系统的结构和功能特征。3. 冯宗炜等于1992年提出了结构分类法。结构分类法的理论基础是自然界植物群落的层次结构。实际上，农林复合生态系统在一定程度上仿效了自然生物群落的结构，克服了传统农业和林业的单一经营方式的弊端。这一分类方法首先按农林复合生态系统的层次结构进行第一级分类，其次按经营目的和木本植物与农作物的配置方式进行第二级分类，再次按木本植物的种类进行第三级分类，最后按农作物的种类进行第四级分类。根据此分类方法对我国农林复合生态系统特别是黄淮海平原的农林复合生态系统进行了详细的分类。

农林复合生态系统的结构特征　主要研究了农田防护林系统（如三北防护林、江河防护林、海岸防护林、平原农田防护林等)、林粮间作系统、果粮间作系统、片林间作系统等的结构特征。从其防护效能、结构组成、结构优化配置、木本植物的轮伐期等角度进行了深入研究，取得了一系列成果。

农林复合生态系统的生物量和生产力　生物量和生产力是植被生态系统研究的基础和重点，也是反映植被生态系统状况的重要指标。我国对平原农区（特别是黄淮海平原、三江平原等)、山地丘陵农区的各类农林复合生态系统进行了生物量和生产力的系统研究。这一结果为世界和我国研究农业的可持续发展提供了重要科学依据。

农林复合生态系统的能量流动 能量流动是阐述生态系统功能的重要特征，它是衡量太阳能及其他能量利用转化效率及其效果的主要因子。近年来主要对平原农区、山地丘陵农区农林复合生态系统的能量研究方法、能量定量化计算、单位面积能量投入状况、利用状况、储存状况、归还土壤状况、系统能量输出状况、系统不同单元内（或不同子系统内）能量的流动、能量流动的主要制约因子及其调控对策等进行了系统的研究，取得了一系列研究成果，为农林复合生态系统的经营提供了理论基础和技术支撑。

农林复合生态系统的物质循环 物质循环和能量流动是生态系统的两个最基本的功能，二者紧密结合，不可分割，构成了生态系统功能的核心。研究表明，物质循环状况决定着生态系统的稳定性。它反映了生态系统中物质吸收、转化和在系统各植物器官、系统各组分间的分配状况。近年来对我国平原农区和山地丘陵农区不同类型的农林复合生态系统的物质（主要指营养元素）的投入状况、吸收状况、储存状况、归还状况、系统的输入状况、输出效率、投入产出比等进行了系统的研究，研究结果对农林复合生态系统的科学经营、土地生产力的维持、系统的优化结构调整和施肥措施等起到了重要的指导作用。

农林复合生态系统的价值流 农林复合生态系统作为一种人类的生产和社会经济活动，其目的不但是为人们提供一定的粮食、果品、蔬菜、木材等产品，为人们增加经济收入，而且是要改善农区的社会经济状况和生态环境状况。农林复合生态系统经营的目的要体现在价值流上，主要包括经济价值、社会价值、生态环境价值等。近年来对平原农区和山地丘陵农区的各类农林复合生态系统的投入价值、增加价值、价值在系统内的储存状况、系统的输出价值、系统的价值产投比等进行了不少的研究，为我国农林复合生态系统经营区的划分、类型的确定、经营方式、结构调整等提供了重要的科学依据，同时也为农林复合生态系统与农田生态系统、林地生态系统的对比研究提供了思路和方法。

农林复合生态系统的景观特征 景观生态学是近年来兴起的交叉学科，农林复合生态系统的景观特征是阐述生态系统结构、功能及其在地域上的空间分布和演变，也是研究土地利用、土地规划的主要理论基础。近年来主要研究了平原农区和山地丘陵农区农林复合生态系统景观特征、综合最佳的景观结构设计及其作用机制等。这些研究结果为合理利用土地、生物资源等提供了重要的科学依据。

农林复合生态系统的界面生态学 环境中的界面（interface）很多，大气、水体、植物、土壤之间有广大的宏观界面；在各环境介质中又有更广阔的微观界面。物质的迁移转化、能量的交换、信息的传递等很多涉及两个环境介质交界面上的作用。在生态系统中，生物与生物之间、生物与环境之间同样也存在界面上的物质、能量及信息的传递和交换。研究生物与生物、生物与环境交界面上的物质和能量交换、信息传递及其与介质间相互作用关系的学科，称之为界面生态学（interface ecology）。农林复合生态系统的界面生态学研究焦点是研究树木与农作物之间以及树木、农作物与环境之间相互作用的机制，主要体现在两个界面上，即地上以空气为介质的光、水分、养分竞争界面和地下以土壤为介质的水分、养分竞争界面。这方面的研究是揭示农林复合生态系统结构和功能效益的主要理论基础。

参考文献

冯宗炜，王效科，吴刚，刘国华：《农林复合生态系统结构和功能——黄淮海平原豫北地区研究》，北京：中国科学技术出版社，1992。

熊文愈：界面生态学理论的最新研究进展，《南京林业大学学报》，10（2）：1～10，1986。

李文华，赖世登：《中国农林复合经营》，北京：科学出版社，1994。

（吴　刚）

动物生态学

(Animal Ecology)

动物生态学是一门研究动物与其生存环境相互作用关系的生态学分支学科，在生态学上占有十分重要的位置。生态学建立的前期（公元前2世纪至公元16世纪）和成长期（公元16世纪至20世纪40年代），基本上是由动物生态学所推动和奠基的。在现代生态学发展期（20世纪50年代以来），动物生态学在生态学发展上仍占据着十分重要的地位。直到70年代，动物生态学仍主导着生态学的发展，尤其表现在生理生态、种群生态、行为生态、进化生态等领域。80年代以后，生态学的发展陆续出现了若干新的热点，如系统生态学、全球生态学、景观生态学、环境生态学、生物多样性、恢复生态学、保护生物学等。动物生态学作为生态学发展的基石作用日渐突出，对生态学新理论的发展和构建做出了重要贡献，如对异质种群（metapopulation）理论、种群生存力（population viability）理论、行为生态学发展起了关键作用等，这些理论奠定了生物多样性和保护生物学的理论基础。

动物生态学研究可追溯至公元16世纪，至20世纪初已成为一门年轻的科学。1913年，亚当斯（Adams）发表的《动物生态学研究指南》，是第一本动物生态学教科书。之后，伯斯（Pearse）和埃尔顿（Elton）分别于1926、1927年发表了《动物生态学》。查普曼（Chapman）于1931年发表了以昆虫为主的《动物生态学》。博登海默（Bodenheimer）的《动物生态学问题》于1938年出版。1945年，前苏联卡什卡洛夫发表《动物生态学基础》。阿利（Allee）等的《动物生态学原理》的出版标志着动物生态学已成为一门成熟的科学。

1937年，我国著名鱼类学家费鸿年的《动物生态学纲要》出版，这是我国第一部动物生态学的教科书。在50～60年代，国内主要使用翻译的前苏联教材，如纳乌莫夫的《动物生态学》（1958）和库加金的《动物生态学》（1959）。70年代，有伊藤加昭的《动物生态学》（1975）。80年代以来，国内主要使用华东师范大学、北京师范大学、复旦大学和中山大学合著的《动物生态学》（1982）及孙儒泳编著的《动物生态学》（1986，1992）教科书。孙儒泳编著的《动物生态学》在港澳台及其他华语国家或地区也有很大的影响。

国内比较系统的动物生态学研究开始于解放后，之后可分成两个阶段。第一阶段是1949～1976年，即文化大革命前。这一时期，我国自然灾害频繁，对资源的需求大，因此有关动物生态学的研究主要围绕农业虫鼠害和资源动物的研究开展。文化大革命期间，对科学研究服务于生产实践的要求更甚，正常的科研活动受到冲击，是我国动物生态学研究的低潮期。这一阶段的动物生态学研究大多处在调查、描述、填补空白阶段，因此很多都是从头开始。期间，中国科学院等部门先后组织了十余次大规模综合性野外考察，其中比较重要的有：云南热带生物资源考察（1955～1958），南水北调综合考察（1955～1961），组建治沙队（1955～1961），青海、甘

肃综合考察（1958～1960），华南热带、亚热带生物资源考察（1958～1960），新疆综合考察（1956～1959），西藏考察（1966～1968）等。1956年，第一届全国人民代表大会第三次会议上，由秉志等5位科学家提出的第92号提案“请政府在全国各省（区）划定天然禁伐区，保存自然植被以供科学研究的需要”获得通过。该提案奠定了我国自然保护区建设的基础，具有重要的意义。我国动物生态学家在蝗虫、粘虫、鼠害鼠疫、血吸虫病治理以及在经济动物（特别是家鱼）驯化、养殖等方面也取得了举世瞩目的成就。1962年初，中国科学院动物研究所在寿振黄、夏武平的主持下建立了我国第一个动物生态学研究室，对以后我国动物生态学的发展起到了奠基作用。这一时期，还出版了许多重要著作，如马世骏的《东亚飞蝗蝗区的研究》（1965）、寿振黄的《中国经济动物志·兽类》（1962）等。

第二阶段是文化大革命结束后到现在，是我国动物生态学研究发展阶段。虽然受到文化大革命的影响，但由于50～60年代所奠定的良好基础，动物生态学的研究很快步入正常轨道。特别是在国家“六五”、“七五”、“八五”、“九五”科技规划的带动下，各动物类群、各动物生态学分支学科都得到较大的发展。80年代，动物种群生态学、生理生态学得到了较大的发展，由于有了一定的积累，有些研究进行得比较深入。由于文化大革命前对资源的大规模的破坏，动物栖息地急速萎缩，物种灭绝加快，人口的膨胀、经济的快速发展又加剧了对资源的干扰和破坏。这一时期，保护珍稀濒危动物的呼声越来越高涨，因而有关野生动物保护的研究开始引起注意。1981年，我国加入《濒危野生动植物种国际贸易公约》。90年代，我国动物生态学的发展主要受到三个方面的推动。一是国际上新出现的异质种群理论和种群生存力理论的影响。国内学者曾将此理论用于动物种群的研究。二是分子生物学、行为学的渗透。动物行为生态成为研究的热点之一，涉及交配行为、婚配体制、化学通讯、繁殖策略等。借助分子标记技术，研究动物种群的迁徙、濒危物种遗传多样性、功能基因及其生态适应等。三是1992年里约热内卢环境与发展大会的影响。1992年，我国政府参加了在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会并在联合国《气候变化框架公约》和《生物多样性公约》等一系列重要文件上签字。1994年我国颁布了《中国21世纪议程》。我国加入《生物多样性公约》，对环境保护承诺庄严的义务。此后，生物多样性成为研究的一个热点，动物生态学的研究也得到了推动，主要在遗传多样性、入侵物种、关键种与功能群、濒危机制研究方面得到更多的发展。这一时期内，主要是我国自主培养的动物生态学方面的硕士、博士或博士后在从事一线的研究工作，研究也逐渐在与国外接轨。

参考文献

马世骏等：《中国东亚飞蝗蝗区的研究》，北京：科学出版社，1965。

Soule，M. E.：*Viable Population for Conservation*，Cambridge，Cambridge university press，1987。

世界资源研究所等编，中国科学院生物多样性委员会译：《全球生物多样性策略》，北京：中国标准出版社，1993。

（张知彬）

医学与农业微生态学（Medical and Agricultural Micro-Ecology）

1937年德国Volker Rush首先提出微生态学这个词，他在1985年提出的定义是“微

生态学是细胞水平或分子水平的生态学"。我国康白提出微生态学的定义是"研究正常微生物群与其宿主相互关系的生命科学分支"，也可以认为是研究微生物结构和功能，以及与其宿主相互依赖、相互制约的边缘科学。

我国医学微生态学研究的历史，最早开始于1950年。当时微生物学家魏曦与康白医生在临床上首次发现青霉素与链霉素治疗败血症并发菌群失调（二重感染）而致死的病例，这一医疗史上沉痛的教训使他们认为在"光辉的抗生素时代"来临之后，必须对其可能带来的阴影——人体菌群失调进行系统的研究。因此，自50年代以来，大连医学院、中国预防医学科学院流行病学微生物研究所等院所相继进行了大量的研究工作，逐渐形成一整套系统的微生态思想和理论。尤其在生态防治方面，研制出一系列生态制剂，取得可喜成果，如大连医学院研制的"促菌生"、"乳康生"，先后获国家与市级科技进步三等奖及一等奖，都分别投入生产；"回春生"经过卫生部新药审评，后也投入工业生产；解放军203医院研究的地衣芽孢杆菌制剂获全军科技进步奖；中国预防医学科学院流行病研究部门研制的复方双歧杆菌活菌制剂，先后经多个单位的合作，以国家一级新药"培菲康"在"上海信谊药厂"投产问世；而后全国各地纷纷兴起了"三株"口服液热潮。

1988年7月，中国微生物学会人兽共患病病原学专业委员会同正常菌群学组康白、牟希亚、郝维善等作为发起人向中华预防医学会提出了成立中国微生态学学会的申请。1988年12月，中华预防医学会微生态学分会在北戴河召开成立大会。1989年5月，我国微生态学奠基人魏曦不幸逝世。1990年10月，微生态学学会调整，推选刘秉阳为名誉主任委员，康白为主任委员。1987年10月，国家教委批准在高等院校开设《微生态学》课程。1988年康白主编的《微生态学》、1993年杨景云主编的《医学微生态学》、1997年康白编著的《微生态学原理》和1998年康白主编的《双歧杆菌》相继出版。

70年代以来，一批动物生态制剂正在研究之中。80年代初，四川农业大学的生态制剂"调痢生"，在治疗牲畜下痢方面取得可喜的社会效益和经济效益。

1990年11月，在四川农业大学召开第一次全国人兽共患病代表大会，何明清任中国畜牧兽医学会动物微生态学分会理事长。1994年8月出版了《动物微生态学》。1996年四川农业大学为培养人和动物营养及保健等方面的应用型高级专门技术人才，增设了国内第一个微生态工程专业（专科，学制三年），并于1997年开始招生。动物生态学会在2000年出版了《动物微生态研究进展》，充分展示了这些年来的动物微生态研究的方向与趋势。

1986年5月，北京农业大学陈延熙在中国植物病理学第二次全国代表大会上，首先提出其核心理论概念"植物体自然生态系"。他们研制的"促生菌（PGPR）"能促进植物根系细菌繁殖。促生菌为假单胞菌，繁殖速度很高，在根际的数量几乎占到30％。50年代促生菌在柑橘黄龙病防治方面取得重大成果。60年代在甘薯黑斑病防治中取得重大成果。70年代开展了植物体自然生态系调查研究，包括苹果树腐烂病、杨树腐烂病、苹果霉心病、棉花维管束病害、瓜果枯萎病和板栗干腐病的研究等等。80年代进一步充实完善了"植物微生态学"理论。植物体内、体表众多的微生物，有的对植物有害，有的没有明显作用。从植物体内、体表筛选出有促进作用、能增加产量、改进品质、提高抗性的有益微生物即增产菌，再用到植物体上，获得了良好的效益。增产菌的田间试验从1979

年开始，先在萝卜、白菜等蔬菜作物上取得了明显的效果，随后在经济作物（油菜、甜菜等）及禾本科类大田作物上试验，均取得预期效果。1986年增产菌成果进入示范推广阶段。大田作物施用增产菌一般增产5%～10%，双子叶植物如油菜、花生一般增产10%～15%，块根块茎作物一般增产5%～10%。据统计增产菌对许多病毒也有40%～60%的防治效果。

增产菌同以往的菌肥、菌药有着根本的区别。以往应用的菌肥、菌药保生菌，都属于土壤微生物的范畴，增产菌则属于植物体自然生态系范畴。二者的根本区别是，前者主要是外因的作用，后者是以内因为主，兼有外因的作用；前者主要经过平皿筛选，后者则用生物测定的办法进行筛选；使用时，前者按照化学物质的原则方法进行，后者按微生物接种的原则进行，它可以在植物体上定植、繁殖、转移。因此，增产菌标志着"植物微生态学"这门新学科在实践中得到了证明，同样也证明了"植物体自然生态系"概念的正确性。1991年4月成立微生态学会的"植物微生态学组"。

1989年中华预防医学会微生态学会创办的《中国微生态杂志》，是预防医学会主办的全国性、专业性、综合性的系列刊物。主编康白，副总编辑范明远。该杂志包括基础微生态学、临床微生态学与系统微生态学3部分，涉及范围包括人医（医学微生态学），兽医和农学（植物微生态学、动物微生态学、土壤微生态学等），其核心是微生物与其宿主的相互关系方面的内容。

参考文献

康白，蒋寒青：微生态学及微生态学学会在中国的发展，《第五届全国微生态学术讨论会资料》，1991。

梅汝鸿，阎万英：植物微生态学发展简史，《第一届中国植物微生态学讨论会文集》，北京：北京农业大学出版社，1991。

（洪黎民）

鼠类种群生态学研究（Studies on Population Ecology of Rodents）

早在20世纪20年代，英国牛津大学的Charles J. Elton领导的动物种群局（Bureau of Animal Population）已开始较为系统地研究小型啮齿类动物种群数量的变动规律。直到30年代末，生态学家们一直没能找到满意的解释鼠类种群波动的原因。40年代初，有关小型啮齿动物周期性波动的例子已积累很多。到50年代初，实验种群和实验方法受到重视，并强调种群内部因素的作用。John J. Christian于1950年发现在实验室饲养条件下，社群压力可导致鼠类内分泌系统紊乱，产生休克病症（Shock Disease）而死亡。60年代初，Dennis Chitty指出高密度产生的拥挤效应主要产生在后代中。他认为种群具有遗传多态性（Genetic Polymorphism）。在不同的密度下，自然选择对不同行为—遗传型个体的作用也不一样。具有高攻击性、低繁殖力基因型的个体适于高密度下生存；反之适于低密度下生存。这便是Chitty学说的早期思想，后来便逐渐形成了完整的"种群遗传调节学说"。Wynne-Edwards的"行为—领域学说"也曾被用来解释种群的数量变动。70～80年代，鼠类种群动态的研究不再局限于周期波动现象的一般探讨，而是更多转向种群数量调节机制。由于生理、生化分析手段，数学模型与模拟方法，无线电遥测技术等新方法的广泛应用，鼠类数量动态与调节机制研究得到迅速发展，研究层次也从宏观深入到微观领域，着重分析种群数量变化过程中的种群特征、个体生理生化特征、遗传结构

的变化以及它们之间的关系。

虽然鼠类数量波动与调节的研究已有近70年的历史，但目前仍尚未找到一个适合每一个物种、每一个环境或地区的鼠类数量波动的统一理论。到目前为止，可以说是各种学派林立的时代，如食物学派、气候学派、疾病学派、内分泌调节学派、行为—领域学派、遗传学派等，而且每个学派又分若干流派。现在较一致的看法是，可能各种因素在不同的阶段或地区对鼠类数量的波动都很重要。

我国对鼠类数量大发生认识很早。早在3 000多年前，《诗经》一书中便有详细记载。1736年清乾隆年间，诗人师道南在《鼠死行》中描述了鼠类数量暴发后造成人间鼠疫流行的悲惨景象。但是，直到50年代初，才有纪树立、杨新史等开始研究鼠类数量变动规律以及与人类疾病的关系。50年代后期，寿振黄、夏武平、罗泽珣等首先研究了东北地区红背䶄(*Clethrionomys rutilus*)、棕背䶄(*C. rufocanus*)、大林姬鼠(*Apodemus peninsulae*)种群季节波动规律。到60年代，对东北地区的一些啮齿动物的数量变动有了较清楚的认识。夏武平根据东北带岭地区的资料，提出红背䶄、大林姬鼠年间数量波动可能存在周期性，但与生境类型有关。在南方，诸葛阳初步研究了黑线姬鼠的数量变动特点。到70年代，在许多地区主要鼠类的种群数量动态得到了广泛研究。如新疆地区的小家鼠*M. musculus*(青海省生物研究所新疆鼠害研究组)；南方的黑线姬鼠(诸葛阳、陆传才；四川卫生防疫站昆虫组)、黄毛鼠(广东湛江卫生防疫站)、黄胸鼠(广东湛江卫生防疫站)、黄鼠(*Citellus dauricus*)(蔡桂全等；吴德林等)；内蒙古草原的布氏田鼠(张洁等)。舒凤梅等于1975年报道了伊春林地区鼠害每三年大发生一次，并认为与红松三年丰歉周期有关。对黑线姬鼠的研究，安徽省卫生防疫所发现降雨量与黑线姬鼠数量有密切关系。这一时期，除强调外部因素外，鼠类种群内部调节的机制研究已开始受到重视。如中国科学院动物研究所生态一室研究了布氏田鼠种群密度与肾上腺及生殖腺的相互关系。到了80年代初，鼠类种群动态的研究非常活跃。朱盛侃、夏武平、张洁、杨荷芳等的大量工作已表明我国许多鼠类，如小家鼠、长爪沙鼠、大仓鼠、黑线仓鼠、黑线姬鼠具有明显的密度反馈调节机制。气候因素、天敌对鼠类数量的作用也得到进一步了解。曾缙祥等进一步研究了小家鼠种群密度与肾上腺、血糖值的关系。数学模型化方法也开始得到应用。夏武平等利用具有时滞的逻辑斯蒂模型模拟了22年东北带岭林区优势鼠种棕背䶄平每3年出现一次高峰的周期波动情况；周立用模糊聚类方法分析了灰鼠种群数量与松子产量的关系；张知彬等采用动态模型法模拟了大仓鼠种群的繁殖和季节消长。生理生化分析手段也开始应用在种群生态学研究中，如王祖望等研究了繁殖与能量需求的关系，周虞灿研究了小家鼠蛋白多态性的频率与密度的关系。此时，我国鼠类种群动态研究大多还局限在直观描述和宏观分析上，深入到机制探讨及上升到理论水平上的研究较少，研究方法和手段比较单一，多依赖对自然种群的监测和统计分析，缺少对部分可控条件下实验种群的研究。关于半自然状况下的研究，仅有刘季科领导的研究组在青海海北草甸实验站开展过围栏种群的研究，主要采用析因法验证复合因子(天敌、食物等)学说。这一时期，研究比较深入的种类是东北的棕背䶄平、红背䶄平，新疆的小家鼠，内蒙古的布氏田鼠、长爪沙鼠，黑线姬鼠等。

自1986年以来，鼠害防治研究连续列入国家“七五”(1986～1990)、“八五”(1991～

1995)、“九五”(1996～2000)科技攻关项目。在开展国家攻关项目研究同时，各地方各部门也纷纷立项研究。经过老一代和新一代科学工作者十余年的共同努力和刻苦钻研，我国的鼠类种群生态学与鼠害治理研究工作有了一个大的发展。特别是在华北平原大仓鼠、黑线仓鼠，内蒙古草原布氏田鼠、长爪沙鼠，青藏高寒草甸鼠兔、高原鼢鼠，黄土高原中华鼢鼠、棕色田鼠，长江中上游流域稻区的东方田鼠、大足鼠、褐家鼠，珠江流域稻区的黄毛鼠、板齿鼠的发生规律、控制技术和对策上取得了大量宝贵的资料，解决了中短期数量预测预报的问题。这些主要成就主要反映在张知彬、王祖望主编的《农业重要害鼠的生态学及控制对策》(1999)，王祖望、张知彬主编的《鼠害治理的理论与实践》(1996)。1998 年10 月，中国科学院动物研究所与澳大利亚CSIRO 野生动物与生态所合作在北京主办了“首届鼠类生物学与治理国际研讨会”，来自世界25 个国家的200 余位代表出席了本次研讨会，在此基础上，于1999 年合作出版了 *Ecologically Based Rodent Management* (G. Singleton, L. Hinds, H. Leirs and Zhibin Zhang) 和 *Rodent Biology and Management* (Zhibin Zhang, L. Hinds, G. Singleton) 2 本书。我国在鼠类方面的研究在这两本著作中占据了重要位置。关于种群暴发机理方面有所发现和创新，如钟文勤、樊乃昌等系统阐述了过度放牧加剧草场鼠害发生的机理；陈安国、郭聪等发现东方田鼠繁殖、迁移及种群发生与长江水文气象的关系；卢浩泉、王廷正、李仲来等发现雨量等因子对鼠类种群的影响；张知彬、王祖望提出鼠类成灾的厄尔尼诺—南方涛动成因说等。

（张知彬）

中国动物地理学研究 (Studies on Zoogeography of China)

动物地理学是动物学的一个重要组成部分，也是自然地理学的一个分支。它旨在研究动物的分布类型及其产生的过程，用环境生态条件、地质—古地理历史以及进化原则予以解释。从方法论上看，动物地理学是以地理学的观点研究属于动物学的内容，并与生态学相联系的边缘性和综合性学科。

中西方古代对动物分布的记载均可视为动物地理学的萌芽。我国记载动物分布的历史极早，可追溯至公元前11 至前6 世纪的《诗经》，记述有100 多种动物的分布。在我国的一些古籍中，如《尚书・禹贡》、《尔雅》、《山海经》、《梦溪笔谈》、《本草纲目》、《徐霞客游记》等，均不乏关于我国动物分布的记述。还有一些区域性记事及各地的地方志则记载有各州府、县境内的动物。这些历史时期的记载虽然由于缺乏科学的动物分类学基础，难免误谬，但仍不失为研究动物分布变迁的可供参考的古籍。

在西欧，19 世纪中期至末期，在达尔文进化论的影响下，科学的（历史）动物地理学得以建立和发展。科学的动物地理学的思想随动物分类学于20 世纪初进入中国。但开始时，动物分类学工作大都操纵在外国人手中。因此，国内学者对动物地理学的研究亦罕予注意。建国以前(30～40 年代)，国人对我国动物地理问题的讨论，寥若晨星，可以举出的有陈世骧、杨惟义、冯兰洲对昆虫，张作干对两栖类，郑作新对鸟类等全国范围内地理分布的讨论；寿振黄在《河北鸟类志》中的动物地理讨论亦属先例。

建国初期，由于全国经济发展的计划性，需要按照不同区域的整个自然情况统筹兼顾，要求中国科学院进行中国自然区划的工作，包括动物地理区划。因而，动物地理学

在我国开始受到应有的关注，首先促使一些学者从全国范围对陆栖脊椎动物、海洋动物和昆虫等方面的地理分布与分区问题进行了较系统的整理与研究。其后随着我国动物区系调查及分类工作的开展，动物地理学逐渐得以发展。建国以来，代表性的著作有《中国动物地理区划与中国昆虫地理区划》(郑作新、张荣祖、马世骏，1959)、《中国昆虫生态地理概述》(马世骏，1959)、《中国鸟类分布名录》(郑作新，1976)、《中国自然地理·动物地理》(张荣祖，1979)、《中国自然地理·海洋地理》中第五章海洋动物(曾呈奎、刘瑞玉、成庆泰等，1979)、《中国淡水鱼类的分布区划》(李思忠，1981)和《中国哺乳动物分布》(张荣祖等，1997)等。其中《中国自然地理·动物地理》被视为阶段性总结，于1999年修订重版。在古生物方面，对我国动物地理研究颇有影响的著作有《中国第四纪哺乳动物群的地理分布》(裴文中，1957)和《中国第四纪动物区系的演变》(周明镇，1964)。

我国区域性动物区系调查或地方性动物志中对种的分布均有不同程度的详细记载，并大多涉及动物地理分布问题，可视为近代我国动物地理的基础资料，特别是那些属于对长期工作的总结或具有一定规模的区域性考察报告。如在60年代，有《中国经济动物志》丛书、《中国无尾两栖类》(刘承钊、胡淑琴，1961)、《东北兽类志》(寿振黄、夏武平等，1962)、《青海甘肃兽类调查报告》(张荣祖、王宗祎，1964)和《新疆南部的鸟类》(钱燕文等，1965)。其后于70～80年代，有《秦岭鸟类志》(郑作新等，1973)、《西藏昆虫》(1，2册)(陈世骧等，1981，1982)、《西藏鸟类志》(郑作新等，1983)、《西藏哺乳类》(冯祚建等，1986)、《西藏两栖爬行动物》(胡淑琴等，1987)、《新疆北部地区啮齿动物的分类和分布》(马勇等，1987)等。近期出版的有《中国西双版纳爬行动物学》(赵尔宓、鹰岩，1993)、《中国珍稀及经济动物》(叶昌媛等，1993)和《横断山鸟类》(唐蟾珠等，1996)。不少省份汇总长期以来工作的积累，出版了各类陆栖脊椎动物的专志，都讨论了各省范围内各类动物的地理分布问题。它们是辽宁、浙江、安徽、贵州、甘肃、四川、新疆、青海等省。有一些省则对某一专类做了总结，如海南对鸟、兽类，云南对鸟、两栖类，黑龙江对兽类，内蒙、陕西和河南对啮齿类等的总结。在陆续出版中的巨著《中国动物志》其动物命名及地理分布的资料则是最具权威性的。

除上述代表性及基础性著作，还有不少动物地理学问题的专文。中国的某些动物地理学问题，引起国际学术界的兴趣。中日两国及台湾海峡两岸的动物学者，曾举行过动物地理学联合讨论会。可见我国动物地理学从建国以前几乎空白的状态发展至今，已奠定了较好的基础。

依据约半个世纪以来的工作，我国本学科研究的主要成就，即对我国动物地理基本特征的认识，通常可以中国动物地理区划予以概括。动物地理区划旨在反映现代动物分布的地区性分化。作为全国自然区划一个组成部分的中国动物地理区划，在全国自然区划工作的指导思想下，遵循“历史发展”、“生态适应”与“生产实践”三项原则，并力求与其他主要区划相协调。依据陆栖脊椎动物分布而划分的综合性全国动物地理区划，自1959年发表后，于1979年经过集体讨论做了修订，最近这一区划得到国内外动物学界及地理学界的认可与采用，并受到农、林、医学界的注意。近30～40年来，经常受到各地动物学工作的检验。一般而言，对区划系统和基本划分均予以肯定，对局部地区的区划

界线则提出不少修订的意见，还有提出增划亚区的意见。根据这些意见，最近又做了两次修订。综合性全国动物地理区划将我国划为2个界，3个亚界，7个区和19个亚区：

古北界

东北亚界

I 东北区

IA 大兴安岭亚区　IB 长白山亚区　IC 松嫩平原亚区

II 华北区

IIA 黄淮平原亚区　IIB 黄土高原亚区

中亚亚界

III 蒙新区

IIIA 东部草原亚区　IIIB 西部荒漠亚区　IIIC 天山山地亚区

IV 青藏区

IVA 羌塘高原亚区　IVB 青海藏南亚区

东洋界

中印亚界

V 西南区

VA 西南山地亚区　VB 喜马拉雅亚区

VI 华中区

VIA 东部丘陵平原亚区　VIB 西部山地高原亚区

VII 华南区

VIIA 闽广沿海亚区　VIIB 滇南高原亚区　VIIC 海南岛亚区　VIID 台湾亚区　VIIE 南海诸岛亚区

这一综合性区划对许多门类都是适用的。只是淡水鱼类由于还须考虑河流流域界线而在个别地区有较大的出入。我国近海及邻近海洋的动物地理区划，分两大区即北太平洋区和印度西太平洋区。

继全国性区划以后，不少动物学者依据已有的区划的3级系统再从各自研究的门类，在各自研究的省区内再进行低级（“省”、“州”）区划。两栖类方面还汇成专集《中国两栖动物地理区划》（赵尔宓等，1995）。

我国动物区系与大陆邻近地区有密切的关系，若只限于国界之内的分析，显然有其局限性。因而，以种为单位的分布型研究继而产生。按动物种分布大多与自然地理条件相关的事实，中国陆栖脊椎动物的主要分布型可归为10种：属北方类型的有全北型、古北型、东北型、中亚型、高地型；属南方类型的有旧大陆热带－亚热带型、东南亚热带－亚热带型(东洋型)、喜马拉雅－横断山型、南中国型和岛屿型。有少数种类呈断裂、局部分布或另具特点。各个分布型可再进行细分。动物分布型是进一步进行动物地理研究的基础。

自20世纪初至今，由于生态学的发展，对动物分布的探讨方面，逐步加强了对生态因素的分析。建国后由于生产实践的迫切要求，我国生态动物地理学的工作得以开展。最早开展规模较大的工作，当推我国昆虫学家马世骏等对飞蝗的研究。此研究将蝗区视为一个生物地理群落复合体。对其他重要害虫的研究大多涉及更广的范围。研究表明，许多害虫发生的空间及时间（盛发期等）的规律变化与我国自然地理因素（经纬度、海拔、气温、雨量等）的相应变化及作物栽培的特点是相吻合的。在陆栖脊椎动物方面的生态动物地理工作，主要针对啮齿类与鸟类，着重生态群落的组成、数量（包括等级）及分类，这类工作的特点是密切联系动物栖息环境的划分。

近20年来，生物地理学在西方经历了一次前所未有的争论，至今仍在延续，使这门古老的学科重新焕发了青春，主要的原因是地学上的革命，即“大陆漂移”说和板块学说获得无可置疑的肯定。它使生物地理学从过时的大陆永恒论中解脱出来，产生了替代（隔离分化）生物地理学（Vicariance biogeography）学派。这一新的学派动摇了

达尔文—华莱斯大陆永恒论与起源中心说的长期统治，并在分类学方面推崇支序(Cladism)的观点与方法，倡导分支—替代生物地理学分析（Cladistic-vicariance biogeographic analysis)。实际上，我国学者一向重视地理因素及地质环境变迁对生物区系形成与分化的作用，与此学派的中心论点是一致的。中国科学院青藏高原科学队即珠峰考察队在建队初始（1966～1968）就提出以“青藏高原隆起对现代生物与人类活动的影响”作为该队生物考察的中心论题。曹文宣等于1981 年发表的“裂腹鱼类的起源和演化及其与青藏高原隆起的关系”一文，是代表了这一思想的优秀之作。

近代，由于动物地理学辅助学科的突破性进展和地球环境所面临的严峻现实，使动物地理学得到了很大的发展，同时也受到前所未有的挑战，要求动物地理学在以下三个主要方面做出应有的贡献：探讨地球历史与生命宏观进化；保护世界物种多样性；以及整治地球生态环境。这也预示着我国动物地理学未来发展的前景。

参考文献

马世骏等：《中国东亚飞蝗蝗区的研究》，北京：科学出版社，1965。

张荣祖：《中国动物地理》，北京：科学出版社，1999。

郑作新，张荣祖，马世骏.：《中国动物地理区划与中国昆虫地理区划》，北京：科学出版社，1959。

曹文宣，陈宜瑜，武云飞，朱松泉：裂腹鱼类的起源和演化及其与青藏高原隆起的关系，见：《 青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题》，北京：科学出版社，1981。

（张荣祖）

东亚飞蝗生态学、生理学等理论研究及其在根治蝗害中的意义 (Studies on Ecology, Physiology, etc. of Oriental Migratory Locust and the Significance in Elimination of Locust Plague)

飞蝗是亚、非、欧、澳洲的重要害虫，东亚飞蝗是东亚和东南亚农业的大害虫之一。在我国，根据甲骨文的考证，蝗灾的记载已有3 000多年的历史。从周末春秋时代起到新中国成立之前的2 650多年间，蝗灾就发生了800 多次，平均每2～3 年有一次地区性的大发生，间隔5～7 年就发生一次大范围的猖獗为害，主要受灾地区多为我国东部黄淮海大平原的农业区。这与发生在该平原上的“三年一涝，两年一旱”的旱涝灾害相间发生情况有着密切联系和因果关系。水、旱、蝗灾此起彼伏，交错发生，成为我国历史上威胁农业生产、影响人民生活最严重的三大自然灾害。新中国成立后，飞蝗为害仍相当严重，发生范围波及8 省(市、区)，发生面积达5.21×10^4 km^2多万公顷。为根治蝗害，自1951 年起，中国科学院昆虫研究所，以昆虫生态学研究室、昆虫生理学研究室为主体，遵循理论联系实际和科学研究为生产服务的指导思想，组织生态学、生理学、形态学、组织学等多学科协同配合，并先后在苏、皖、鲁、冀、豫五省的东亚飞蝗发生地与有关蝗虫防治站协作，采取蝗区定位研究与实验室内实验研究相结合的方法，开展了东亚飞蝗的多学科的理论基础研究。

这项研究以生态地理学和系统生态学的动态观点，通过多学科综合性的长期系统研究实验，阐明了我国东部东亚飞蝗发生地的自然地理特征、蝗区的类型、结构及其形成转化演变规律；结合滨湖、沿海、河泛、内涝四种类型蝗区的飞蝗种群数量与发生动态的时空特点及其调节机制与旱涝等自然灾害

的关系，查明了东亚飞蝗的聚集、扩散、迁飞等生态学和生理学特性。此外，还进行了以下一些研究：人类生产活动对飞蝗的发生及蝗害控制的效应，蝗区改造过程中生物群落的演替规律与蝗区改造后的稳定性，飞蝗蝗卵发育特点、胚胎发育及其与吸水、失水、耐干、浸水的关系，飞蝗的食性和食物利用及不同食料植物对其生长和生殖的影响，飞蝗的生殖、孤雌生殖、卵巢发育过程中核酸和蛋白质的代谢与激素调节以及精细胞超微结构，飞蝗的消化、生殖、循环、排泄系统、感觉器官和附肢的解剖与组织构造以及东亚飞蝗蝻期各龄外部形态区别、骨骼肌肉系统等形态学研究。同时，对我国古籍中有关蝗虫的记载、治蝗的策略、方法等亦进行了研究与全面整理。

这项研究不仅以70多篇论文报告和近50万字的专著《中国东亚飞蝗蝗区的研究》为生态学、生理学、形态学、组织学等昆虫基础学科充实了新内容，均有重要的科学价值，而且为我国“依靠群众，勤俭治蝗，改治并举，根除蝗害”的治蝗方针提供了理论依据与实施的基础，并提出蝗情预测预报方法及改造蝗区、根治蝗害的建议草案、实施的途径与措施。中国科学院动物研究所的“改治结合，根除蝗害”获1978年全国科学大会重大科技成果奖；马世骏、陈永林等的“东亚飞蝗生态学、生理学等的理论研究及其在根治蝗害中的意义”获1982年国家自然科学二等奖。

在我国，黄河、淮河、海河三大水系所流经的一些地区是东亚飞蝗的主要发生地。治水是解决旱涝灾害的根本措施，也是治蝗的前提。这项研究成果提出蝗区改造的原则，主要是从改变东亚飞蝗发生地的水利、水文条件、小气候条件、土壤条件和植被，以断绝飞蝗的食物和适宜产卵场所等方面出发，在掌握飞蝗发生动态和蝗区形成演变规律的基础上，因地制宜地制定具体改治结合的全面规划并付诸实施。在黄河、淮河、海河三大水系的治理过程中，全国主要蝗区通过各级领导、科技人员和广大群众的多年共同努力，使大部分老蝗区如洪泽湖、微山湖、黄泛区、鲁豫交界的72大洼和黄海、渤海的沿海以及河北、山东、河南等省的许多内涝蝗区都彻底改变了原来的自然面貌，大幅度地降低了蝗虫发生面积、密度和大发生的频率。据全国农业技术推广中心1999年的统计：建国初期原有的329个蝗区县已经减少到151个蝗区县，5.21×10^4 km^2的蝗区面积减少到1.53×10^4 km^2，产生了巨大的经济效益、社会效益和生态效益，昔日人烟稀少、蝗患频繁的贫困灾区变成了丰衣足食的鱼米之乡。

70年代以来，全世界由于气候异常、区域性水热平衡和季节分配失调，造成旱涝不均，致使与旱涝灾害相关的蝗灾在非洲、中东、西南亚、美洲以及澳洲等部分地区亦此起彼伏，猖獗为害。1978年以来，我国部分地区也出现了严重的干旱与水灾，虽然在黄河中、下游某些滩地、华北平原地区少数脱水水库及沿海部分洼淀草滩出现了高密度蝗群的发生与扩散，但均属尚未改造好的蝗区或新的适生生境条件存在所致。这亦显示了飞蝗发生地经改造后，如不发生严重的水、旱灾害，飞蝗种群数量呈现低密度的稳定性的重要意义。

根据对未来天气的预测，全球气候将出现巨大变化，这必将对全球生态系统及社会经济带来很大影响，有可能导致蝗虫栖居生境适生条件的存在、重现或再生；人类的生产活动，特别是水利工程的兴衰、土地利用是否合理、河流改道、海口与海岸滩涂的进退、黄河滩地的位移、植被结构及其覆盖度的骤变、水库与洼淀湖泊的脱水枯竭等，也

会对飞蝗（或其他蝗虫种类）发生的生态条件的形成、转化产生重要影响；加之蝗虫繁殖速度快、繁殖数量多、迁飞扩散能力强和食量大等生物学与生理学特性诸因素的综合作用，飞蝗以及某些蝗虫对人类农业生产的威胁仍不能忽视。但只要加强对飞蝗（以及其他蝗虫）及其生境与气候动态的系统监测，因地因时制宜地运用“改治结合，根除蝗害”的科学理论，采取“植物保护、生物保护、资源保护、环境保护”相结合的生态学治理对策，就一定能实现蝗灾的可持续性控制并根除蝗害，造福人民。

参考文献

马世骏：洪泽湖、微山湖蝗区研究工作概况介绍，《科学通报》，3：22～28，1954。

钦俊德等：蝗卵的研究I. 东亚飞蝗蝗卵孵育期中胚胎形态变化的观察及野外蝗卵胚胎发育期的调查，《昆虫学报》，4（4）：383～398，1954。

陈永林：改治结合，根除东亚飞蝗蝗害，见：中国科学院动物研究所主编：《中国主要害虫综合防治》，北京：科学出版社，252～280，1979。

（陈永林）

粘虫的越冬与迁飞的研究（Studies on the Hibernation and Migration of Oriental Army Worm）

粘虫*Mythimna separata* 又称剃枝虫、行军虫、五色虫等，属鳞翅目Lepidoptera、夜蛾科Noctuidae 的农业害虫。粘虫在我国的分布很广，除新疆和西藏未报道粘虫发生外，其他省（区）均有其分布。它危害的历史很久，早在公元前1 世纪就已危害猖獗。其幼虫主要危害小麦、谷子、玉米、高粱、水稻、旱稻等禾谷类作物，也危害蟋蟀草、狗尾草、画眉草、稗草、芦苇、李氏禾、灰菜等野生植物。大发生时还可危害豆类、蔬菜、棉花、果树或其他树木等。

粘虫在我国全年发生世代数及主要危害世代均不同，在我国东半部地区大体可划分为五个类型的发生区：

（1）6～8 代区：大致位于北纬27°（相当与1 月份8 ℃等温线）以南，主要包括广东、广西、福建等省（区）的中南部地区及台湾省。在此区内，粘虫全年发生6～8 个重叠世代，主要以第五（或第六）代于9～10 月间危害水稻和以越冬代（或第一代）于当年12 月至次年3～4 月间危害麦类、玉米等作物。其他世代一般发生较少，但有时也在局部地区发生危害旱稻。

（2）5～6 代区：大致位于北纬27°～33°（相当于1 月份8 ℃～0 ℃等温线）间，主要包括湖南、江西、浙江、湖北中部和南部等地区。粘虫在此区内全年发生6～8 个重叠世代，其中以第五（或第四）代发生数量较多，主要于9～10 月间危害晚稻。有的年份第一代于春季3～4 月间危害小麦。其他世代一般发生较少，但只有个别年份在局部地区发生危害旱稻。

（3）4～5 代区：大致位于北纬33°～36°（相当于1 月份0 ℃～2 ℃等温线）间，主要包括江苏（以苏北为主）、安徽（以皖北为主）、河南（以豫中、南为主）、山东（以鲁南为主）、湖北（以鄂西北为主）等省。粘虫在此区内全年发生4～5 个重叠世代，其中以第一（或第四）代发生数量最多，主要于4～5 月间危害麦类。有的年份，第二代或发生在8～9 月间的第三代在局部地区发生也较严重，危害谷子、玉米、高粱或水稻等作物。

（4）3～4 代区：大致位于北纬36°～39°（相当于1 月份－2 ℃～6 ℃等温线）间，主要包括山东（以鲁西、鲁北等地区为主）、河北（以冀中、冀西、冀南等地区为主）、河南（以豫北地区为主）、山西（以晋东地区为

主)、天津等省市。粘虫在此区内全年发生3～4个重叠世代，其中以第三代发生数量最多，于7～8月间危害谷子、玉米、高粱、稻等作物。有的年份，第一代或第二代在局部地区和环境中发生也较严重，危害麦类、玉米和谷子等作物，尤其是随着水肥条件的提高、灌溉面积不断的扩大和麦套玉米面积的增加，第一代或第二代幼虫危害更有加重趋势。

（5）2～3代区：大致位于北纬39°以北，主要包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北东部及北部、山西中部及北部和北京市郊等地区。粘虫在此区内全年发生2～3个重叠世代，其中以第二代发生数量最大，于6～7月间危害麦类、谷子、玉米、高粱等作物及禾本科牧草等。有的年份在吉林南部、辽宁西部及南部、河北北部及东部和北京市郊等地区，第三代粘虫发生也较严重，危害谷子、玉米和稻等作物。第一代幼虫在局部地区发生较多，除危害麦类外，对麦套玉米也能造成一定程度的危害。

在我国西南、西北等地区粘虫的发生与危害也较为严重。

粘虫的越冬与迁飞规律　1953年以来，全国有关科研、教学、生产等部门以及农作物病虫测报站（点）等单位协作，开展了粘虫的越冬与迁飞规律等大量的调查研究和海面捕蛾及成虫标记回收工作，明确了粘虫季节性南北往返迁飞的规律及各地主要危害世代的虫源。中国科学院动物研究所的“粘虫迁飞规律及生理生态特性”获1978年全国科学大会重大科技成果奖，中国农业科学院植物保护研究所、中国科学院动物研究所等单位的“粘虫越冬迁飞规律的研究”获1982年国家自然科学三等奖。

全国有关部门与单位深入粘虫发生地区以及山区、森林、草原、各类农田等环境进行了实地考察。在华北、东北、内蒙古等地区均未查到粘虫的越冬虫态。1959年以来在长江以南各地调查，结果却很容易找到越冬幼虫及蛹。根据进一步的多次越冬调查，最终发现粘虫能否越冬的分界带大致在北纬32°～34°；分界线为北纬33°（大致相当于1月份0 ℃等温线）。在此分界线以北的华北日平均温度≤0 ℃的天数都在30～100天以上，均不利于粘虫越冬。在越冬分界线以南地区，冬季比较温暖，日平均温度≤0 ℃的天数均在30天以下，有利于粘虫越冬；有些地区冬季无越冬现象并可继续繁殖危害。

在北纬33°以南地区，包括6～8代区和5～6代区，越冬代或第一代成虫于春季2～4月陆续羽化，其盛期在3月中下旬至4月上旬。成虫羽化后，除有一小部分保留在本区内继续繁殖外，绝大部分成虫向北迁飞至4～5代区，甚至有一部分成虫可能继续北迁至3～4代和2～3代区，形成这些发生区的第一代虫源。由于4～5代区的气候、蜜源植物和作物的生育期与长势适于粘虫的生态要求，且迁入动态蛾量又多，故常引起第一代粘虫的大发生。

在3～4代区和4～5代区，第一代粘虫一般多发生在3～5月间，正常情况下，各虫态的发生期及其发育进度多由南向北逐渐推迟。第一代幼虫多在4月下旬～5月上旬孵化，5月中旬～6月上旬为羽化盛期。成虫羽化后，除有一小部分留在本区继续繁殖外，大部分成虫又向北迁飞到2～3代区繁殖危害，形成该区主要危害世代（第二代）虫源。本地虫源对第二代粘虫的发生不起主要作用。

在2～3代区，第二代粘虫多在6月上中旬～7月上中旬发生危害。7月上旬～下旬初又陆续化蛹羽化，除有少部分成虫留在本区继续繁殖外，大部分成虫向南迁飞到3～4代区繁殖危害，形成该区主要危害世代（第三

代）的外来虫源。

海面捕蛾　对我国渤海及黄海海面迁飞昆虫的观察研究表明：粘虫在两海海区自4月中下旬即可发现迁飞，而其数量则以5月下旬至6月上旬（芒种节气前后）和9月中旬（中秋节前后）为多。芒种前后粘虫向北飞，中秋节前后粘虫向南迁。在海面可观察和诱捕到的粘虫蛾与海岸距离达10～270 km。此外，还在两海海区获得迁飞昆虫7目22科53种，除粘虫外，尚有多种我国重要经济害虫，如小地老虎、黄地老虎、棉铃虫、棉小造桥虫、稻苞虫、麦二岔蚜、麦长管蚜、桃蚜、甘薯天蛾、豆天蛾以及淡色库蚊、灰虻等。

预测预报与综合防治　我国粘虫的预测预报办法规定了成虫、卵和幼虫的调查与观测方法，介绍了粘虫的生物学特性、发生危害规律、发生期与发生量的预测方法和指标等，利用糖酒醋诱剂或杨树枝把等方法系统调查成虫的发生期、雌雄性比，检查雌蛾卵巢发育进度、含卵量、交配率等，预测幼虫发生趋势。根据粘虫迁飞规律和不同季节迁出与迁入的地区关系，分别进行虫源及发生环境的调查，经整理分析后发出预报。在中长期发生量预测方面，主要根据虫源基数大小、天敌寄生率、性比、虫体发育状态、蛾峰出现时间以及气候与作物长势等生态条件，进行全面综合分析来预测发生趋势。

我国粘虫的综合防治主要采取诱杀成虫、采卵、除草灭虫、化学防治、生物防治等方法，使之相辅相成，达到经济、安全、有效地控制种群数量。

参考文献

马世骏：粘虫蛾迁飞的生理生态学背景，《科学通报》，9：65～68，1963。

陈永林：几种粘虫的鉴别，《昆虫学报》，12(1)：10～20，1963。

李光博：粘虫的综合防治，见：中国科学院动物研究所主编：《中国主要害虫综合防治》，北京：科学出版社，301～319，1979。

（陈永林）

啮齿动物行为学研究（Studies on Behavior of Rodents）

我国有关啮齿动物行为学的研究开始于20世纪70年代中期。在此后的20余年中，主要在以下几个方面取得了不同程度的成果。

化学通讯　1976年以中国科学院动物研究所集体名义发表在《动物学报》第22卷第2期上的“雄小鼠气味影响雌鼠性成熟”应该是较早的国内对啮齿类行为学研究的高质量论文，本文阐明了雄小鼠的气味可以促进雌鼠的性成熟。可以说，啮齿动物化学通讯研究开创了国内啮齿动物行为学研究的先河。70年代末对黄兔尾鼠和草原兔尾鼠化学通讯的研究，发现特化的哈氏腺、包皮腺和肛腺都能释放外激素，可以诱导性行为、标记领域、调节生理状态，并且包皮腺与种群密度成负相关，这项研究获得中国科学院科技进步三等奖。发现褐家鼠、黄毛鼠等的尿液、包皮腺分泌物对异性有显著的吸引作用，可以提高捕获率。发现了在大仓鼠中，优势鼠的胁腺标记明显高于从属鼠。鼠类天敌黄鼬的肛腺分泌物可以抑制大仓鼠的免疫系统，使大仓鼠胸腺减小，肾上腺增大，并且攻击能力和社群地位下降，多成为从属鼠。

领域行为与种群调控　在青藏高原对高原鼠兔的研究发现它具有明显的领域行为，会驱逐入侵者，这种行为特点使在高种群数量时，部分鼠兔因得不到领域，而降低其生存率与繁殖率，最终使种群数量下降；地下生活的甘肃鼢鼠的巢区互不重叠，巢区与领域一致；长爪沙鼠也有领域行为，领域间不重叠，领域面积325～1 550 m^2，由繁殖活动

最强的雄性进行气味标记和驱逐入侵者。

社群结构　领域多以家庭为单位而建立。高原鼠兔的家庭由1雌1雄及其幼仔组成，属单婚制；长爪沙鼠为多雌、多雄组成的家庭，成员从2到17只鼠，属多婚制。布氏田鼠在野外一年四季都为群居，以“家族”的形式居住，在一个洞群内，繁殖季节中的雌性多于雄性，而且成年雄鼠多为一只，越冬期中的雄鼠多于雌鼠，雄性在性成熟后扩散，雌性为定居鼠。

婚配制度　对布氏田鼠在室内的研究表明其婚配制度为混配制，主要是一雄多雌制；大仓鼠为多婚制；棕色田鼠为单配制；长爪沙鼠为多婚制。

配偶选择　在单配制的棕色田鼠中，雌雄个体对原配偶的偏好胜过陌生的异性；而在多婚制的布氏田鼠中，雌雄个体对原配偶和陌生异性不表现出选择的差异。

交配行为　在野外对高原鼠兔的交配行为模式进行了详细的观察，发现高原鼠兔在3～4个月的繁殖期内有3～5个交配期，雄性多次插入多次射精，1只雄性可以和多只雌性交配，存在产前交配。大仓鼠的交配模式也为多次插入多次射精，雄鼠存在Coolidge效应；雌鼠无产后交配，分娩后有繁殖停止期。

亲缘关系　对棕色田鼠的研究发现，它总是选择非同母饲养的非同胞或同胞异性，说明从小形成的熟悉性对亲缘识别有重要作用；从繁殖率讲，非同母饲养的非同胞鼠明显大于非同母饲养的同胞鼠、同母饲养的同胞鼠和非同胞鼠，说明熟悉性和遗传上的亲缘关系对繁殖率都有影响。

双亲行为　在棕色田鼠中，母鼠的抚幼行为显著多于父鼠，符合双亲投资理论；移走父鼠后，母鼠的抚幼行为增加；但父鼠的存在，会使幼仔的生长发育加快。在多婚制的布氏田鼠中，父鼠的双亲行为表现很少，母鼠的双亲行为很强烈。

取食行为　对褐家鼠取食行为的研究表明，个体之间可以通过气味相互学习到所喜欢的食物，而不能相互学习到所厌烦的食物；营地下生活的甘肃鼢鼠的取食行为包括觅食、采食、托运、储藏和进食等，其中进食和采食花费的时间最长，雌鼠的采食频次高于雄鼠约2倍，并且取食时间随季节而变化。

声音通讯　对甘肃鼢鼠的悲痛、威胁、攻击等叫声进行了声谱分析，叫声基本属于低频范围，远远低于地面鼠的频率；甘肃鼢鼠还可用鼻吻部敲击洞道顶壁产生震动，具有通讯作用，可以起到护域、探视和个体间联络的功能。

参考文献

王祖望，张知彬：《鼠害治理的理论和实践》，北京：科学出版社，1996。

范志勤：《哺乳动物的化学通讯》，北京：科学出版社，1981。

Agren, G., Zhou, Q. and Zhong, W.: Ecology and social behavior of Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*), Inner Mongolia, China. *Anim. Behav.*, 37: 11～27, 1989。

（张健旭，张知彬）

中国陆地生态系统研究

(Studies on Terrestrial Ecosystem in China)

生态系统这一概念最早由英国生态学家A. G. Tansley于1935年提出。其后前苏联森林生态学家苏卡乔夫于1940年提出生物地理群落学的概念。生态系统概念的提出对生态学发展起到了极大推动作用。生态系统与生物地理群落学的不少学者认为二者为同义语。生态系统是指在一定空间或地域内，生物与生物之间（包括植物、动物、微生物）及与其生存环境因子（即大气、光、温度、降水及土壤等）之间通过能量流动和物质循环

构成相互作用、相互影响的综合体。在20世纪60年代的“国际生物学计划”(IBP)以自然生态系统能流与物流为主要内容,70年代的国际“人与生物圈计划”(MAB)以人类活动对自然生态系统影响为核心内容以及80年代开始的“国际地圈—生物圈计划”(IGBP)是以协调人与自然关系,改善人类生存环境为目标的一项国际合作项目。这些国际研究项目大大推动了生态系统研究的进展。

中国在生态系统研究方面,虽然在50年代末,由中国科学院副院长竺可桢与前苏联苏卡乔夫会同中、苏有关专家,共同选点,最后由中国科学院在西双版纳建立了中国第一个“生物地理群落定位研究站”,开展了长期定位研究,积累了相当丰富的宝贵资料。但是当时由于种种原因,该站不得不在60年代终止了研究,更遗憾的是这些宝贵资料未及时予以总结出版。在此期间,已有单位开始建立实验站开展生态学研究。

1978年中国科学院在西宁召开了“中国生态系统科研工作会议”,这次会议大大推动了生态系统研究的进展。生态系统研究大多都在中国科学院、林业部、农业部的科研单位和大专院校等的定位研究站展开。在几十年内几代科学家的努力下,取得了显著的成果。

森林生态系统研究 这方面的研究成果显著,在中国不同气候带包括青藏高原,均开展了森林生态系统结构与功能的研究。对寒温带兴安落叶松林、樟子松林及其人工林,中温带的红松阔叶混交林、云冷杉林、落叶松林、多种次生阔叶林和红松人工林,暖温带以栎林为主的落叶阔叶林及华山松、油松、赤松、侧柏等天然或人工林,亚热带以多种青冈林、栲树林、石栎林、木荷林、常绿栎类林、厚壳桂林为代表的常绿阔叶林,常绿与落叶阔叶混交林,亚高山的多种冷杉林、人工杉木林和马尾松林及其混交林、毛竹林、平竹林,热带的季雨林和山地雨林、思茅松林、红树林等生态系统均有大量的研究。森林生态系统的生物量、第一性生产力是最重要的功能过程,对上述的多种森林生态系统均已开展这方面研究,发表了大量论文,为其他功能研究奠定了坚实基础。此外还根据气象或森林清查资料和遥感图件,建立森林生产力模型等等。能量流动与森林生产力是密切相关的功能过程。目前研究主要着重于植物的能量固定与分配,森林不同层次的能量环境和季节动态,各种森林植物的光合速率及光能利用效率,不同层次的主要种群的能量分配及光能转化率的季节及年际变化,主要森林植物不同器官的热值及能量分配特征。这方面的研究以暖温带栎林和油松林、东北三大硬阔林、蒙古栎林、亚热带杉木林、缙云山的常绿阔叶林、南亚热带季风常绿阔叶林较为系统。

养分循环研究在人工针叶林方面开展较早,特别是在亚热带人工杉木林有较系统深入的探讨。地带性森林类型方面,对温带红松阔叶林,暖温带落叶阔叶林及针叶林,亚热带的木果石栎林和苦槠林,南亚热带鼎湖山的季风常绿阔叶林,海南尖峰岭的热带山地雨林和季雨林,西双版纳季雨林都有深入系统的研究,主要研究森林植物养分含量,森林对元素吸收量、积累量、贮存量、归还量以及凋落物分解,土壤的化学元素含量及贮量,降水、林中雨及树干径流的养分元素含量及其输入量等等。

水分功能研究着重于植物和土壤的含水量,森林对降水的截留作用,包括林冠对降水的截留和蒸发,干流量,林中雨,枯枝落叶层的吸水量,土壤的贮水量,地表径流,不同森林植物的蒸腾作用,林地的蒸发以及森林生态系统的蒸发散失。对温带红松阔叶林,

云冷杉林、多种次生阔叶林及人工针叶林，暖温带的辽东栎林、锐齿槲栎林、华山松林、油松人工林、华北落叶松人工林的水文功能均有较系统的研究。有关山杨林、刺槐林、云杉林、圆柏林的水文生态也有一定报道。亚热带以杉木人工林的水文功能研究报道最多。对广西龙胜、岑溪及宜山，云南哀牢山，广东鼎湖山，浙江天潼公园，福建武夷山的常绿阔叶林，广西田林的常绿阔叶混交林的水文功能均有较深入研究。其他如马尾松林、毛竹林、麻栎林、云南松林、华山松林的水文特征也有所报道。热带森林以海南尖峰岭，西双版纳的热带季雨林、雨林等的水文功能研究较系统深入。

草地生态系统研究　对内蒙古和松辽平原的草原生态系统、高寒草甸和灌丛生态系统的研究系统深入，其特色是对草地生态系统的主要组成植物、啮齿动物、鸟类、昆虫、土壤动物和微生物类群都进行较深入研究，并初步阐明各类群之间的相互关系。在典型草原和荒漠草原中对蝗虫、鸟类有较深入研究。对鼠类群落特征、空间配置、取食习性、食物和食量及其与栖息地植物群落的关系亦有研究。对蝗虫在自然植物群落中的取食习性、营养生态位以及在不同放牧条件下蝗虫群落演替规律的研究取得良好成果。在高寒草甸研究方面，对啮齿类的植食性小型哺乳动物的食物选择及资源利用模式，植被与昆虫关系，繁殖鸟类的群落结构，不同植物群落下的土壤真菌和微生物类群均有探讨。

生产力、能量和光合生态为草地生态系统研究的重点。对内蒙的羊草草原和大针茅草原及其主要种群的植物生物量季节动态，地下部分生物量及其周转都有深入的研究，并探讨了水热条件、土壤水分以及烧草对植物生物量的影响，并对贝加尔针茅、无芒雀麦地上部分生物量进行测定。典型草原蝗虫种群数量、生物量和能值，不同生境下鼠类的现存量，土壤微生物的季节变化及其在土层中垂直分布、生物量及其季节动态，生物固氮均有所研究。对短花针茅草原、锦鸡儿草原与石生针茅草原的生物量、第一性生产力，高寒草甸和高寒灌丛的生物量，藏嵩草为主的沼泽化草甸的植物生物量，高寒草甸的土壤真菌生物量动态均有所报道。羊草草原和大针茅草原及其主要植物光合速率研究是内蒙草原生态系统的研究特色。光合作用的测定，从单叶光合至群落光合均有系统的研究，并探讨了气温、降水、干旱气候、人工灌溉、施肥对不同草原植物光合速率、蒸腾作用及其水分利用的影响。松辽平原的羊草草原的能量生态学研究取得良好结果。青藏高原的高寒草甸由于自然条件特殊，着重研究了强光、低温、霜冻对某些高寒草甸植物净光合速率及光能转化率的影响，植物蒸腾作用与环境因子关系以及植物抗逆性的生理生化基础。能量生态学是高寒草甸生态系统研究中的一个特色，对植物、啮齿动物及藏绵羊、繁殖鸟类的种群能量动态、能量转化率、能量流动均有较深入的研究。

在羊草草原、大针茅草原、克氏针茅草原、矮嵩草草甸、沙地草地均开展了草地的养分特征研究，合计分析了近200 种草地植物化学元素含量，对某些化学元素含量的季节变化进行探讨。对草原生态系统中凋落物分解也有很多研究。

农业生态系统研究　农业生态系统研究开展较早，作为生态系统研究在80 年代以来研究较多。农业生态系统虽是人为活动的产物，但它们受当地的气温、雨量、土壤等因子的影响。因此农业生态系统结构在不同气候带的特征均有研究。农业生态系统功能过程研究与自然生态系统有很大不同，必须考虑人为的能量、肥料、灌溉水的输入，并加

以计算，主要研究生产力、收获量、能量流动、养分收支以及水文平衡等方面。特别是很多农业站利用Lysimeter研究水文平衡，在这些方面已取得显著成果，发表了很多论文。

综上所述，80年代以来中国生态系统研究取得大量成果，据不完全统计在自然生态系统方面已出版的定位研究的系列论文集有《森林系统研究》、《草甸生态系统研究》、《高寒草甸生态系统》、《热带、亚热带森林生态系统》、《中国森林生态系统定位研究》、《森林生态系统定位研究》、《江西大岗山森林生态系统结构与功能规律定位研究》以及《鼎湖山森林生态系统论文汇编》和《云南亚热带山地生态系统论文汇编》等等。有关森林生态系统专著主要有《云南哀牢山森林生态研究》(吴征镒，1983)、《杉木人工林生态系统研究》(冯宗炜，1985)、《中国海南岛尖峰岭热带林生态系统》(蒋有绪，1991)、《常绿阔叶林生态系统研究》(钟章成，1992)、《荒漠草原生态系统研究》(赛胜宝等，1994)、《暖温带森林生态系统结构与功能》(陈灵芝，1997)、《热带森林生态系统研究与管理》(曾庆波、李意德等，1997)、《中国红树林生态系》(林鹏，1997)、《青藏高原生态系统及优化利用模式》(李文华、周兴民，1998)、《中国沙地森林生态系统》(徐文译、邹春静等，1998)等等。通过长期积累，在森林生态系统方面，总结出版了《中国森林生态系统水文生态功能规律》(刘世荣等，1996)、《中国森林生态系统养分循环》(陈灵芝等，1997)、《中国森林生态系统的生物量和生产力》(冯宗炜等，1999)等专著。这是有关森林生态系统结构与功能的阶段总结。总之中国生态系统的发展已与国际长期生态学(LTER)研究相接轨。

展望 自20世纪80年代以来中国生态系统研究取得丰硕的成果，为21世纪生态系统深入研究及为森林、草地的保护和农、林、牧业持续发展打下坚实基础。长期生态系统功能过程及其建模研究为今后的重要方向，并应与生物多样性及全球变化研究加以紧密结合，生态系统动态监测、管理及公益(service)评估应予以加强，特别应开展全国生态系统联网研究，为我国经济的持续发展和自然环境保护做出应有贡献。

参考文献

冯宗炜等:《中国森林生态系统的生物量和生产力》，北京：科学出版社，1999。

内蒙古草原森林生态系统定位站:《草原生态系统研究集》(1～6)，北京:科学出版社，1985～1997。

(陈灵芝)

中国恢复生态学研究

(Studies on Restoration Ecology in China)

自上个世纪以来，由于人类的不合理利用导致原有的自然生态系统结构及功能退化，有的甚至已失去了生产力。随着人口的不断增长，人类对自然资源的需求也在增加。植被破坏、水资源短缺与河流断流、土地荒漠化与退化、湖泊与湿地萎缩、海洋污染与陆地环境污染、气候变化、生物多样性锐减等生态问题增加了对生态系统的胁迫。人类面临着合理恢复、保护和开发自然资源的挑战。

据估计，由于人类对土地的开发导致了全球约5×10^7 km^2 土地的退化，使全球43%的陆地植被生态系统的服务功能受到了影响。联合国环境署的调查表明:全球有2×10^7 km^2 土地退化(占全球有植被分布土地面积的17%)，其中轻度退化的有$7.5\times10^6 km^2$，中度退化的有$9.1\times10^6 km^2$，严重退化的有$3.0\times10^6 km^2$，极度退化的有$9\times10^4 km^2$。联合国

环境署还估计，1978～1991年间全球土地荒漠化造成的损失达3 000亿～6 000亿美元，现在每年高达42.3亿，而全球每年进行生态恢复而投入的经费达100亿～224亿美元。20世纪80年代，恢复生态学应运而生。恢复生态学从理论与实践两方面研究生态系统退化、恢复、开发和保护机理，因而为解决人类生态问题和实现可持续发展提供了机遇。

我国的自然生态系统退化也十分严重。大炼钢铁、大跃进、城市化造成的生态破坏至今仍困扰各地居民。据张巧珍1993年的推算，除农田外，我国其他的生态系统退化面积约占国土总面积的1/4，退化土地面积约$1.5\times10^6 km^2$。任海等于2000年系统总结有关部委和学者的数据发现，中国农田总面积为$1.4\times10^6 km^2$，退化面积为$2.8\times10^5 km^2$；草地面积$4\times10^6 km^2$，退化面积为$1.32\times10^6 km^2$；森林总面积$1.65\times10^6 km^2$，退化面积$3.12\times10^5 km^2$；淡水面积$7.43\times10^3 km^2$，退化面积$2.45\times10^3 km^2$；废矿地$2.3\times10^4 km^2$。因此，在中国开展恢复生态学理论与实践研究具有重要战略意义。

恢复生态学的定义　由于恢复生态学兼具理论性和实践性，从不同的角度看会有不同的理解，因此关于恢复生态学的定义有很多，其中具代表性的有两大类：一类是由美国自然资源委员会、Jordan、Cairns 和Egan等先后提出的定义，其中心思想是“使一个生态系统回复到较接近其受干扰前的状态即为生态恢复”。这些定义强调受损的生态系统要恢复到理想的状态。但由于缺乏对生态系统历史的了解、恢复时间太长、生态系统中关键种的消失、费用太高等现实条件的限制，这种理想状态不可能达到。另一类定义由Bradshaw、Diamond、Harper、国际恢复生态学会、余作岳等先后提出。国际恢复生态学会提出的最终定义认为生态恢复是帮助研究生态整合性的恢复和管理过程的科学，生态整合性包括生物多样性、生态过程和结构、区域及历史情况、可持续的社会实践等广泛的范围。余作岳等认为恢复生态学是研究生态系统退化的原因、退化生态系统恢复与重建的技术与方法、生态学过程与机理的科学。

由于生态恢复包括人类的需求观、生态学方法的应用、恢复目标和评估成功的标准以及生态恢复的各种限制等基本成分，因此与生态恢复相关的概念还有：重建（Rehabilitation，即去除干扰并使生态系统回复原有的利用方式）、改良（Reclamation，即改进立地的条件以便使原有的生物生存，一般指原有景观彻底破坏后的恢复）、改进（Enhancement，即对原有的受损系统进行改良，以提高某方面的结构与功能）、修补（Remedy，即修复部分受损的结构）、更新（Renewal，指生态系统发育及更新）、再植（Revegetation，即恢复生态系统的部分结构和功能或恢复当地先前土地利用方式）。这些相关的概念可看成广义的恢复概念。

恢复生态学研究简史　恢复生态学研究起源于100年前的对山地、草原、森林和野生生物等自然资源管理研究，其中20世纪初的水土保持、森林砍伐后再植的理论与方法在恢复生态学中沿用至今。最早开展恢复生态学实验的是Leopold，他与助手一起在1935年在Wisconsin大学植物园恢复了一个24 ha的草场。20世纪50～60年代，欧洲、北美和中国都注意到了各自的环境问题，开展了一些工程与生物措施相结合的矿山、水体和水土流失等环境恢复和治理工程，并取得了一些成效。这些恢复试验的对象涉及草原、河流、湖泊、废弃矿地、森林和农田，在这些恢复过程中主要研究内容有干扰和受损生态系统的恢复与重建，湿热带森林生态系统的稳定性，废弃矿地和垃圾场的恢复，河流和

湖泊的水生植物群落的重建等。1996年，在瑞士召开了第一届世界恢复生态学大会，大会强调恢复生态学在生态学中的地位，恢复技术与生态学的联结，恢复过程中经济与社会内容的重要性。随后国际恢复生态学会每年召开一次国际研讨会。当前在恢复生态学理论和实践方面走在前列的是欧洲和北美，在实践中走在前列的还有澳洲和中国。其中欧洲偏重矿地恢复，北美偏重水体和林地恢复，而澳洲以草原恢复为主，中国则因人口偏多强调农业综合利用。

我国最早的恢复生态学研究是中国科学院华南植物研究所余作岳等人于1959年在广东的热带沿海侵蚀台地上开展的退化生态系统的植被恢复技术与机理研究，80年代以后彭少麟、任海等也参加这项研究，经过近40年的系统研究，提出了：在一定的人工启动下，热带极度退化的森林可恢复；退化生态系统的恢复可分三步走；恢复过程中植物多样性导致动物和微生物多样性，植物多样性是生态系统稳定性的基础；热带季雨林恢复过程中结构与功能恢复速率不同步，物种多样性和群落结构恢复要40年，生物量与生产力恢复要100年，而土壤肥力恢复则要140年以上等观点。他们还先后创建了我国恢复生态学研究的两个基地——小良热带森林生态系统定位研究站和鹤山丘陵综合试验站等。从此以后，先后有多个单位开展了退化生态系统恢复研究，其中包括：南京大学仲崇信自1963年起就从英国、丹麦引进大米草在沿海滩涂种植以控制海岸被侵蚀，至1980年推广面积达300 km^2。中国科学院兰洲沙漠所开展了沙漠治理与植被固沙研究，中国科学院西北水土保持研究所开展了黄土高原水土流失区的治理与综合利用示范研究，中国科学院水生生物研究所谢平、邱东茹等开展了湖泊生态系统恢复研究，中国科学院西北高原生物研究所开展了高原退化草甸的恢复与重建研究，中国科学院成都生物研究所刘照光等开展了岷江上游植被恢复研究，中国科学院南京土壤研究所开展了南方红壤的水土保持和综合利用研究，广西科学院和中山大学开展了红树林恢复重建试验等。1998年，中国科学院内蒙古草原站开展了不同恢复措施下退化羊草草原恢复演替研究。1990年左右，东北林业大学开展了黑龙江省森林生态系统恢复与重建研究，中国林业科学研究院开展了海南岛热带林地的植被恢复与可持续发展研究，中国科学院植物研究所陈伟烈等在神农架、长江三峡库区开展了植被恢复生态学研究，陈灵芝等在北京等地开展了暖温带森林恢复等研究。另有中国环境科学院、中山大学、中国矿业大学等单位开展了大量废弃矿地和垃圾场的恢复对策研究。90年代中期，先后出版了《热带亚热带退化生态系统的植被恢复生态学研究》和《中国退化生态系统研究》等专著，提出了适合中国国情的恢复生态学研究理论和方法体系。

主要结论　陈灵芝和陈伟烈于1995年提出，退化生态系统是指生态系统在自然或人为干扰下形成的偏离自然状态的系统。与自然系统相比，退化的生态系统种类组成、群落或系统结构改变，生物多样性减少，生物生产力降低，土壤和微环境恶化，生物间相互关系改变。退化生态系统形成的直接原因是人类活动，部分来自自然灾害，有时两者叠加发生作用。失火、开垦、放牧、毁林、开展生产活动等原因会造成生态系统的退化，退化的程度由干扰的强度、持续时间和规模决定。

任海等提出生态恢复的目标包括四点，一是恢复诸如废弃矿地这样极度退化的生境；二是提高退化土地上的生产力；三是在被保护的景观内去除干扰以加强保护；四是

对现有生态系统进行合理利用和保护，维持其服务功能。章家恩和徐琪则按短期与长期目标将上述目标分得更细。

余作岳和彭少麟等系统总结了恢复生态学中应用的生态学原理，包括限制性因子原理（寻找生态系统恢复的关键因子）、热力学定律（确定生态系统能量流动特征）、种群密度制约及分布格局原理（确定物种的空间配置）、生态适应性理论（尽量采用乡土种进行生态恢复）、生态位原理（合理安排生态系统中物种及其位置）、演替理论（应用它可缩短恢复时间；极端退化的生态系统恢复时，演替理论虽不适用，但具指导作用）、植物入侵理论、生物多样性原理（引进物种时强调生物多样性，生物多样性可能导致恢复的生态系统稳定）等。章家恩等则补充了有关的经济学、工程学方面的一些原理。

章家恩和徐琪于1999年系统总结了生态恢复的方法。他们发现不同生态系统类型（如森林、草地、农田、湿地、湖泊、河流、海洋）、不同程度的退化生态系统，其恢复方法亦不同。从生态系统的组成成分角度看，主要包括非生物和生物系统的恢复。无机环境的恢复技术包括水体恢复技术（如控制污染、去除富营养化、换水、积水、排涝和灌溉技术）、土壤恢复技术（如耕作制度和方式的改变、施肥、土壤改良、表土稳定、控制水土侵蚀、换土及分解污染物等）、空气恢复技术（如烟尘吸附、生物和化学吸附等）。生物系统的恢复技术包括植被（物种的引入、品种改良、植物快速繁殖、植物的搭配、植物的种植、林分改造等）、消费者（啃食者的引进、病虫害的控制）和分解者（微生物的引种及控制）的重建技术和生态规划技术（RS、GIS、GPS）的应用。在生态恢复实践中，同一项目可能会应用上述多种技术。例如，余作岳等在极度退化的土地上恢复热带季雨林过程中，采用生物与工程措施相结合的方法，通过重建先锋群落、配置多层次多物种乡土树的阔叶林和重建复合农林生态系统等三个步骤取得了成功。总之，生态恢复中最重要的还是综合考虑各种因素，充分利用各种技术，通过研究与实践，尽快地恢复生态系统的结构，进而恢复其功能，实现生态、经济、社会和美学效益的统一。

关于生态恢复的程序及恢复机理，国外已从湿地恢复中总结出自我设计和设计理论。目前国内研究的新结论不多，结果与演替机理差不多。彭少麟、任海等在亚热带区域研究发现，当顶极植被常绿落叶阔叶混交林在干扰下会逐渐退化为落叶阔叶林、针阔叶混交林、针叶林和灌草丛。进行植被恢复时，这每一个阶段就是一个阈值，每越上一个阶段，恢复投入就更大，尤其是从灌草丛开始恢复时投入就更大。

恢复生态学家、资源管理者、政策制订者和公众希望知道恢复成功的标准，但由于生态系统的复杂性及动态性却使这一问题复杂化了。通常将恢复后的生态系统与未受干扰的生态系统进行比较。有多位学者提出了恢复的标准。任海和彭少麟则根据热带人工林恢复定位研究提出，森林恢复的标准包括结构（物种的数量及密度、生物量）、功能（植物、动物和微生物间形成食物网，生产力和土壤肥力）和动态（可自然更新和演替），后来他们又提出增加生态系统服务功能指标。

生态恢复中的一个关键成分是生物体，因而生物多样性资源在生态恢复计划、项目实施和评估过程中具有重要的作用。彭少麟、余作岳等通过对10多个人工林的比较研究并于1999年提出在生态恢复的计划阶段就要考虑恢复乡土种的生物多样性，应用外来种进行恢复要十分谨慎。例如，广东省在沿

海滩涂大量引进互花米草，现在该种已泛滥成灾，严重影响了当地的生产和经济开发。

恢复生态学研究的发展趋势 恢复生态学还存在不少理论问题有待解决，这些问题主要是：(1)生态系统恢复的不可确定性，虽然已提出了许多生态系统恢复的标准，但对于生态系统服务功能(ecosystem service)的恢复程度尚不知晓；(2)生态系统恢复要求综合考虑生态、经济和社会因素，但对时间、空间上异质性的生态系统而言实在太难，尤其是有持续干扰时，很难恢复到理想状态；(3)由于生态系统的复杂性，生态系统退化程度和干扰因子很难简单概括到一些易测定的具体指标，尤其是如何控制干扰很难具可操作性；(4)生态系统恢复与自然演替是一个动态的过程，有时很难区分两者；(5)生态系统恢复的时间到底要持续多长，恢复的空间尺度要多大，目前的科学研究还不能准确回答这个问题，还有待于开展可重复的和长期的试验和观测；(6)生态系统恢复的机理还不清楚，尤其是重新引进当地消失的物种、外来种在恢复中的角色还难以正确判断；(7)退化生态系统恢复与重建技术尚不成熟，目前恢复生态学中所用的方法均来自相关学科，尚需形成独具特色的方法体系；(8)恢复生态学的发展需要科学工作者、政府、民众的充分合作，通过互相交流信息、方法和经验，从而可加快恢复全球已退化的生态系统。事实上，这些问题也是恢复生态学成熟所必须解决的，也是恢复生态学近期的发展方向。

结合我国实际，除了在理论上要进一步跟踪国际恢复生态学进展并有所突破外，还应加强退化生态系统恢复的实践工作，这些工作包括沿海经济发达地区环境污染及其治理，重要湿地的恢复与重建，水体污染治理，森林退化与结构优化，草地退化控制与恢复，农用土地退化，土地荒漠化等。最近，我国开始实施西部大开发战略，其中西部的生态环境重建被列为优先发展领域，为此，国家将在重庆、四川、陕西、贵州、云南、西藏、甘肃、青海、宁夏、新疆等10省市区约5.28 $\times 10^6 km^2$ 土地上开展生态环境建设工程、退耕还林(草)工程、天然林保护工程和防护林工程等项目，希望能在沙漠利用、水土流失区以植树种草为中心的植被建设、长江黄河源区生态环境重建、黄土高原生态农业、荒漠化防治与北方风沙治理等方面有所突破。

参考文献

陈灵芝，陈伟烈(主编)：《中国退化生态系统研究》，北京：中国科技出版社，1995。

余作岳，彭少麟(主编)：《热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究》，广州：广东科技出版社，1996。

Hobbs, R. J.: Towards a conceptual framework for restoration ecology, *Restoration Ecol.*, 4(2): 93～110, 1994。

Jordan, W. R., Gilpin, J. D., Aber, J. D.: *Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research*, Cambridge: Cambridge University Press, 1987。

(余作岳)

中国景观生态学研究

(Studies on Landscape Ecology in China)

景观生态学是介于地理学与生态学之间的一门新兴交叉学科。它以景观为研究对象，而又改造了地理学中原有的景观意义，将景观定义为空间上镶嵌出现和紧密联系的生态系统组合，具有可辨识性、空间重复性与空间异质性等鲜明特征，从而使生态学的研究从微观走向宏观。概而言之，景观生态学是一门研究空间格局对生态过程影响的科学，它把空间异质性作为生态系统中的重要因

素，并视空间动态与研究系统时间变化的生态学同等重要。

一、景观生态学的发展

“景观生态学”一词是在1939年由著名德国地植物学家C. Troll 在利用航空照片研究东非土地利用问题时首先提出来的。但直到1982年国际景观生态学会（IALE）成立，才大大推动了景观生态学的发展。在欧洲大体经历了以景观描述为特征的自然景观学阶段；以研究景观建造和景观美学为重点的人文景观学阶段；和以景观规划设计和综合开发利用为重点的综合景观学阶段。在美国景观生态学的发展则更多地汲取了生物生态学的成果。当前国际上逐渐形成了以下流派：1. 美国的空间格局和景观行为研究；2. 荷兰和德国的土地生态设计；3. 东欧的景观综合研究与景观生态规划；4. 加拿大和澳大利亚的土地生态分类；5. 前苏联的景观地球化学和地理系统学说；6. 中国的生态建设与生态工程方向。

中国景观生态学的发展源于80年代初林超、陈昌笃和黄锡畴等的大力介绍和倡导。陈昌笃的“论地生态学”一文实际上阐述的是景观生态学的研究内容；黄锡畴等在“长白山高山苔原的景观生态分析”一文中，应用景观地球化学的方法对我国一类极具特色的景观进行了别开生面的剖析；景贵和的“土地生态评价与土地生态设计”一文则将景观生态学的思想应用到土地类型和评价研究，反映出加拿大和澳大利亚土地生态学派的特点；其后傅伯杰、王仰麟等在这个方面先后开展了深入工作，主要集中于黄土高原和华北地区的农业景观。肖笃宁等在“沈阳西郊景观格局变化的研究”一文中，首次将美国的景观生态空间分析方法引入我国并运用于研究城郊景观的动态变化，对于景观空间格局的指标计算提出了若干创见。其后景观格局的研究渐成热点，对农区、林区、城郊、城市乃至风景名胜区的景观格局研究论文层出不穷。随着景观生态研究的蓬勃开展，先后召开过三次全国性的学术讨论会（1989沈阳，1996北京，1999昆明）和一次国际性的学术讨论会（1998沈阳）。同时在生态学会和地理学会主持召开的有关学术活动中也有大量的景观生态学论文。目前已出版的主要成果有：肖笃宁主编的《景观生态学理论、方法及应用》（1991）和《景观生态学研究进展》（1999），董雅文的《城市景观生态》（1993），徐化成的《景观生态学》（1996），俞孔坚的《景观：文化、生态与感知》（1999）。以案例研究为主的论著有杨子生的《怒江峡谷景观格局动态变化与优化设计研究》（1996），杨树华、贺彬的《滇池流域景观格局与面源污染控制》（1998）等。同时，国内重要刊物上发表的景观生态学论文也大量涌现。其中傅伯杰、陈利顶等人对景观多样性的研究，俞孔坚对景观安全格局的研究，徐化成、郭晋平等对森林景观的研究，肖笃宁、胡远满、王宪礼等对湿地景观的研究，高琼等对草地景观的研究，吴兆录等对景观尺度多样性保护与人居环境的研究，崔海亭等对农牧交错带景观和环境变化的研究，曾辉等对经济快速增长区景观变化的研究，邵国凡、谢志霄等对景观动态模型的研究，尹澄清等对水陆交错带景观的研究，赵羿等对城郊景观的研究，杨士弘、管东生、宗跃光、李团胜等对城市景观格局的研究，李晓文对景观生态决策支持系统模型的研究，贾宝全、常学礼、王根绪、周华荣等对干旱区和绿洲景观生态的研究，杨桂华、钟林生等对生态旅游的研究等，都是比较有影响的成果。

二、景观生态学的理论框架

1. 景观系统的整体性和景观要素的异质性　景观是由景观要素有机联系组成的复

杂系统，含有等级结构，具有独立功能特性和明显视觉特征的地理实体。异质性是系统或系统属性的变异程度。在景观尺度上，空间异质性包括空间组成、空间构型和空间相关三部分内容。异质性同抗干扰能力、恢复能力、系统稳定性和生物多样性有密切关系。景观格局是景观异质性的具体表现。

2. 景观研究的尺度性　尺度是研究客体或过程的空间维和时间维，可用分辨率与范围来描述，它标志着对所研究对象细节了解的水平。景观生态学研究基本上是对应着中尺度的范围，即从几平方千米到几百平方千米，从几年到几百年。一般说来，研究对象的空间尺度越大，与之对应的景观过程时间尺度也越长。

3. 景观结构的镶嵌性　空间异质性的表现形式有两种，即梯度与镶嵌。镶嵌的特征是空间对象聚集而形成清楚的边界，连续发生中断和突变。土地镶嵌是景观和区域生态学的基本特征。Forman 提出的斑块－廊道－基质模型即是对此的一种理论表述。景观镶嵌的测度包括多样性、边缘、中心斑块和斑块总体格局等。

4. 生态流的空间聚集与扩散　生物物种与营养物质和其他物质、能量在各个空间组分间的流动被称为生态流。它们是景观中生态过程的具体体现。受景观格局的影响，这些生态流分别表现为聚集与扩散。属于跨生态系统间的流动，以水平流为主。景观中的能量、养分和物种的流动取决于5种主要媒介物或传输机制：风、水、飞行动物、地面动物和人。

5. 景观的自然性与文化性　按人类活动的影响程度可将景观划分为自然景观、管理景观、耕作景观、城郊景观和城市景观。在这一变化梯度上，斑块的类型、大小、密度、形状都呈现有规律的变化，线状廊道和网络也逐步增加。

6. 景观演化的不可逆性与人类主导性

景观系统是一个具有耗散结构的开放系统，其宏观运动过程是不可逆的，它通过开放从环境引入负熵而向有序发展。景观演化的动力机制有自然干扰与人为活动影响两个方面。由于当今世界人类活动影响的普遍性与深刻性，对于作为人类生存环境的各类景观而言，人类活动对景观演化的影响无疑起着主导作用。

7. 景观价值的多重性　景观作为一个由不同土地单元镶嵌组成、具有明显视觉特征的地理实体，兼具经济、生态和美学价值。这种多重性价值的判断和优化是景观规划和管理的基础。

三、发展具有中国特色的景观生态学

我国是一个幅员辽阔、人口众多、历史悠久的发展中国家，有几千年的农耕历史，大部分国土上的景观变化已深深打上了人类活动的印记。因此我国的景观生态学研究必须立足国情，以人工－自然景观、管理景观为主要研究对象，把景观和区域尺度上的生态建设作为研究重点。在概念内涵上，我们将景观尺度上的生态建设称为景观生态建设，即一定地域、跨生态系统、适用于特定景观类型的生态建设。它以景观单元空间结构的调整和重新构建为基本手段，包括调整原有的景观格局、引进新的景观组分等，以改善受胁迫或受损失的生态系统的功能，大幅度提高景观系统的总体生产力和稳定性，将人类活动对景观演化的影响导入正向的良性循环。

关于景观生态建设的目标与内容可归纳如下：

调整或构建新的景观空间结构，增加景观的异质性和稳定性，创造出优于原有景观系统的经济和生态效益。

控制人类活动的方式与强度，补偿和恢复景观的生态功能，如对土地利用方式的改变，对耕垦、采伐、放牧强度的调节。

按生态学规律进行可更新自然资源的开发与生产活动，提高景观内各生态系统的总生产力。我国各地农村丰富多彩的生态农业技术与工程样板有力地反映出农田景观生态建设的成就。根据仿自然原理，建设与自然系统相协调的新型人工景观。

随着我国社会经济发展程度的提高，人们的生态意识、环境意识逐步加强，景观生态学在我国的应用也必将越来越广，在理论与方法上也将在国际景观生态学界越来越独具特色。

参考文献

肖笃宁主编：《景观生态学：理论、方法及应用》，北京：中国林业出版社，1991。

肖笃宁主编：《景观生态学研究进展》，长沙：湖南科学技术出版社，1999。

Forman, R. T. T.: *Land Mosaics: the Ecology of Landscape and Region*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995。

（肖笃宁）

保护生物学

(Conservation Biology)

1. 学科的主要研究领域和对象、性质及其在生物学中的位置

保护生物学是生物学的一个分支，是二级生物学学科。生物多样性是生物的存在形式。生物圈的结构和功能与生物多样性密切相关。以遗传杂合性下降为表征的遗传多样性损失，可能降低物种的生存力。物种灭绝使物种多样性降低。物种多样性和生态环境变化又影响着生态系统多样性。因此，保护生物学与生物多样性密切相关，从某种意义上说，保护生物学是研究生物多样性保护和持续利用的科学，是研究如何保护生物物种及其生存环境，从而达到保护和持续利用生物多样性的科学。

保护生物学是一门综合性学科，目标是评估人类对生物多样性的影响，提出防止物种灭绝的具体措施。它具有理论科学和应用管理科学的双重特征，由基础生物学、应用生物学和社会科学交叉融合而成。

2. 保护生物学的诞生

20世纪70年代，科技界和许多国家开始注意人类经济活动对环境的污染和野生物种的生存危机，但是当时没有专门研究生物多样性的学科，有关物种生存条件、灭绝机制以及环境保护的研究多散见于各个基础生物学科之中。随着生物多样性问题的日益突出，有关研究资料的积累，有关保护生物学的研究人员迫切需要交流信息，于是，1978年第一届国际保护生物学大会在美国圣地亚哥动物园召开。1985年，国际保护生物学学会成立。现在保护生物学学会成为北美会员人数增长最快的一个学会。

3. 中国保护生物学的研究状况及发展

中国保护生物学研究起步较晚，力量薄弱。80年代，中国大多数物种受威胁状态不明，重点保护动物缺乏长期的、系统的有效监测。许多新方法和新技术还没有应用。许多自然保护区虽然已经建立，但是其状况即使不像世界资源所等于1992年所报道的那样“仅仅存在于纸面上”的话，其设计与管理的确有待进一步提高。

人口饱和、经济发展不平衡、国民教育程度偏低、环境保护意识欠缺、传统医学依赖于动植物等特点决定了中国保护生物学研究的特点。目前，为保护自然环境和野生生物，需要探讨如下问题：在中国，多大面积的

自然环境应该受到保护？自然环境应该保护到何种程度？怎样重建野生动物的栖息生境？这些问题的深入研究将推动中国的生物多样性保护。

尽管1959年中国科学院在鼎湖山建立了中国第一个自然保护区，但真正的生物多样性保护和研究开始于80年代后期。1990年中国科学院成立了生物多样性工作组，1992年成立了生物多样性委员会，统一协调中国科学院生物多样性研究工作。教育部高校生物多样性协调委员会也相继成立。1993年《生物多样性》创刊发行，目前《生物多样性》已经成为国内影响较大的生物学期刊。1994年中国政府发布了《中国21世纪议程》。在UNEP等国际组织的资金支持下，履行《生物多样性公约》的国家纲领性文件《中国生物多样性保护行动计划》(1994)和《中国生物多样性国情研究报告》(1998)中英文版相继问世，在国内外产生了较大影响，表明中国加快了生物多样性研究和保护的步伐。

从90年代中期开始，中国科学院生物多样性委员会开始组织出版《生物多样性研究丛书》和《生物多样性译丛》，先后出版了《保护生物学》、《生物多样性研究的原理与方法》、《中国动植物的遗传多样性》、《物种多样性研究与保护》、《中国重点地区与类型生态系统多样性》、《人类活动对生态系统多样性的影响》、《中国森林多样性及其地理分布》等专著。"八五"期间，中国科学院组织了重大研究项目"生物多样性保护与持续利用的生物学基础"，由汪松、陈灵芝主持。同期，国家科委组织了重大研究项目"中国生物多样性保护的生态学基础"，由张新时和钱迎倩主持。国家自然科学基金委员会组织了重大研究项目"中国主要濒危植物保护生物学研究"，由洪德元主持。"九五"期间，中国科学院组织了"澜沧江流域人文因素对生物多样性影响机制的研究"、"中国特有脊椎动物繁殖行为生态学研究"等重大研究项目，国家自然科学基金委员会则组织了重大研究项目"中国关键地区生物多样性保育的研究"。这些研究项目促进了中国保护生物学研究的发展，初步明确了我国一些重要森林、草原、淡水和珊瑚礁生态系统的受损现状及其原因，评估了重要濒危物种的受威胁状态及其机制，为生物多样性保护提供了一定的科学依据。其中一些工作在国际学术界产生了重要影响。如：关于大熊猫、麋鹿等濒危动物方面的研究成果、常温下植物种子的超干保存方法等。此外，在白鳍豚及热带植物迁地保护方面也取得了很好的成果。

中国是生物多样性极其丰富的国家，自然环境包括从热带雨林到寒温带针叶林的全部自然景观。从巍峨的喜马拉雅山、高耸的青藏高原到沟壑纵横的黄土高原、广阔无垠的戈壁沙滩以及众多的人口、古老的文明，这一切决定了我国保护生物学研究对象的基本特征。半个世纪以来，特别是最近20年来，随着我们对人与自然关系认识的变迁，以及在自然保护，特别是野生动物保护中所做的大量工作，有必要总结其中的经验教训，逐步形成有中国特色的保护生物学理论体系。

几个中国保护生物学研究及应用的实例：

(1) 白鳍豚的保护　白鳍豚(*Lipotes vexillifer*)是世界级稀有动物，属于淡水豚类，是现代鲸类中最古老的一种，具有很高的科学价值。目前，由于长江生态环境的变化，白鳍豚的数量急剧下降，据最近的估计，其种群数量不足100头，相应的有效种群仅20头左右，其数量很可能已低于最小可生存种群数量。我国有关部门和研究机构为拯救这一珍稀物种开展了大量的工作。通过种群数量监测、种群生存力和致危因素分析，发

现白鳍豚种群濒危有白鳍豚自身的原因，即内因；也有人类活动造成的影响，即外因，后者是主要的。内因：白鳍豚繁殖力低下、食性单一等，是造成白鳍豚种群濒危的内在因素。外因：过度渔捞业破坏白鳍豚赖以生存的鱼类资源和直接伤害白鳍豚；迅速发展的航运业挤占了白鳍豚生存的有限空间，干扰了白鳍豚的声纳系统，螺旋桨亦可直接击毙白鳍豚；水利设施的建设改变了过去沿江湖泊、小支流的通江环境，使得白鳍豚栖息小生境丧失或变差和对白鳍豚产生间接影响；长江水体污染。据此，提出对白鳍豚的保护对策，包括迁地保护、饲养繁殖和栖息地保护。

迁地保护的地点定在湖北省石首市境内的长江天鹅洲，并建立了国家级白鳍豚自然保护区。1987～1988 年，对长江天鹅洲经过一年的调查，从水质理化特征、生物生产力、渔业、水文、周围工农业发展、人口等角度分析论证了建该保护区的可行性。为了确保白鳍豚引进后的安全，1990～1995 年，又连续 5 年引入江豚进行试养。江豚在该保护区内生长、发育、繁殖正常，为迁入白鳍豚奠定了基础。1995 年 12 月 19 日，一头雌性白鳍豚已被引入该保护区。该豚体长 2.29 m，体重约 150 kg。目前的问题是如何尽快、尽多地迁入白鳍豚。

通过对白鳍豚在饲养条件下的研究，在饲养理论与技术(如食物选择、水质控制、疾病防治和血液指标监测等)、行为学、生理生化、声学和遗传学等领域摸索了一套较为系统的白鳍豚饲养生物学理论和技术，并计划开展白鳍豚人工采精、精子和胚胎冷藏技术的研究，为野生白鳍豚就地和迁地保护做了理论准备。

白鳍豚栖息地保护。长江环境在不断恶化，近期内难以改变这种状况。把白鳍豚分布相对集中、环境条件较为适合的江段划为白鳍豚自然保护区，对于保护白鳍豚现有不多的栖息地、延缓白鳍豚灭绝速度是有益的和必要的。

（2）**大熊猫的保护及其栖息地工程** 大熊猫（*Ailuropoda melanoleuca*）是现仅分布于中国的珍贵孑遗物种。它既是中国的国宝，也是世界自然历史遗产。300 多万年以前，大熊猫曾广泛分布于东亚的许多地区。人类的狩猎、大规模的农业垦荒以及伐木活动，严重地破坏了大熊猫的栖息地。现在大熊猫的分布区仅局限于青藏高原东缘，四川省和甘肃省境内的岷山山脉、邛崃山、大相岭、小相岭、凉山和陕西省秦岭部分地区。现存的栖息地被割裂成十几个相互隔绝的小区，1 000多只大熊猫被道路、河流、森林皆伐区、农田和人类居住地分割成20 多个小群体，这些小种群对影响种群数量变化的随机因素十分敏感，极易在局部地区灭绝。栖息地片段化也限制了熊猫群体间的基因交流，加速近交和遗传漂变，造成种群遗传多态性降低，给大熊猫种群的恢复造成困难。栖息地片段化已成为保护大熊猫这一濒危物种的严重障碍。针对这一情况，中国政府为保护大熊猫投入了巨大的人力和物力，并依专家的考证相继制定了《中国大熊猫及其栖息地保护管理计划》和《中国保护大熊猫及其栖息地工程》。该保护工程的实施将从根本上缓解栖息地片段化给大熊猫带来的困境，遏止大熊猫栖息地丢失的趋势，并进一步恢复和发展大熊猫潜在的栖息地，为其生存创造必需的条件，进而促进大熊猫种群的恢复和发展。

保护工程主要包括五个方面的内容：①完善已建立的 13 个保护大熊猫的自然保护区的建设与管理；②在大熊猫集中分布区和重要栖息地新建自然保护区；③建立保护走廊带将大熊猫保护区连成网络；④建立保护站为保护区外的大熊猫及其栖息地提供有效

的保证；⑤加强以大熊猫饲养繁殖和生态学为重点的科学研究。

保护工程的效益将体现在以下几个方面：①改善大熊猫栖息地被分割的现状，稳定现存的野生大熊猫种群；②保护与大熊猫同域分布的珍稀动植物，为我国生物多样性保护事业做出贡献；③保护长江、黄河上游多条主要支流的水源涵养林；④改变山区群众传统的落后生产方式，带动贫困地区的经济发展；⑤提高中国在自然保护方面的声誉，带动中国野生动物保护工作走向新水平。

(3) *麋鹿的迁地保护* 麋鹿起源于第四纪更新世，约250万年前。曾分布于东经110°以东，北纬45°以南的广大地区。我国东南部、南至海南岛及东至朝鲜和日本，都发现过麋鹿的化石和亚化石。19世纪，野生麋鹿种群在我国东南地区灭绝。我国历代皇家猎苑都圈养过麋鹿。1869年以后麋鹿被引入欧洲，而我国南海子麋鹿群则毁于1900年第二次鸦片战争八国联军入侵北京之役。

19世纪末，英国十一世Bedford公爵从欧洲各地动物园收购了18只麋鹿，放养在乌邦寺庄园。麋鹿在乌邦寺顺利繁殖，这些麋鹿引种到世界上24个国家，并已经繁殖开来，数量达2 000多只。我国于1985年和1987年分别将麋鹿引入到北京南海子和江苏大丰。目前，两地的麋鹿都生长良好，形成了繁殖群体。1996年初，江苏大丰麋鹿保护区有麋鹿180多只，北京南海子麋鹿生态研究中心养有麋鹿120多只，1993年从北京南海子引种到湖北长江岸边的天鹅洲保护区，现已形成70多只的麋鹿繁殖群体。另外，我国研究者的工作已逐步形成关于麋鹿生理生态学、行为生态学的基础理论，正在尝试恢复麋鹿的野生种群。

(4) *西双版纳热带植物的迁地保护* 由于其特殊的地理位置、优越的气候条件、古老的地质历史和复杂的地形地貌，西双版纳地区发育和形成了多样化的植被类型，成为中国生物多样性最丰富的地区之一。这块19 200 km^{2}的土地（占全国土地面积的1/500)上有高等植物5 000多种，占全国高等植物总数的1/6。由于人口增加，开发强度加大，热带森林正以前所未有的速度减少，热带森林的覆盖率由50年代初的60%降到现在的30%左右。随着热带森林的消失，热带植物在不断地丧失。根据西双版纳植被类型、植物区系成分的分布情况分析，估计天然森林每减少1 000 ha左右，就有一个物种消失。那么，自50年代以来，流失和处于濒危状态的热带植物可能有500～800种，占该地区整个植物区系成分的10%～15%。如何保护西双版纳的热带植物多样性已成为人们共同关注的问题。迁地保护作为一种保护手段在西双版纳自80年代初就开始应用，并在西双版纳热带植物园内建立了面积为80 ha的滇南珍稀濒危植物迁地保护区。西双版纳热带植物迁地保护起始于80年代初，经过十多年的研究与实践，不仅建立了热带植物迁地保护地与种子保存库，而且植物迁地保护的理论与方法也有新的突破，如植物优先保护序列的综合评价、植物迁地保护的最小种群、活植物迁地保护法和种子保存技术等，这些工作在国内外都处于较领先的水平，得到了国际社会的好评，IUCN的学术负责人在《植物园与世界自然保护策略》一书中指出："西双版纳在保护方面的一系列做法，是抓住了保护的中心问题，世界上其他植物园也应该这样做。"

西双版纳热带植物园利用其较大面积的活植物标本园与迁地保护区对热带植物多样性进行保护，取得了好的效果。

①已迁地保护的植物种类：1985～1992年迁地保护区引入产在西双版纳地区的国家

第一批重点保护的珍稀濒危植物共成活45种，其次有本地的特有种、栽培植物野生类型和滇南野生植物，还有少量相邻地区的稀有种、濒危种共成活108种，其中列为国家第一批保护的有55种(包括相邻地区10种)，国家第二批保护的有5种，云南第一批保护的有15种。

②保护树种的状况：一般在同一气候区内对植物的引种栽培比较容易成功，然而，西双版纳自然条件比较复杂，95%的土地属于山地，土壤有砖红壤土，也有石灰岩山地钙质土。而西双版纳植物园自然条件相对来说比较简单，海拔较低（570～650 m）。由于野外挖苗成活率低，恢复生长慢，适应性差。因此，引种时应尽量以种子繁殖为主，选择与原产地相似的生态环境种植。在引种的45种植物中有31种采用种子繁殖，占总数的69%，并且用营养袋育苗。有的由于原产地与引种地的生境差异大，如云南翅子树原产地在海拔1 200～1 460 m的石灰岩山，而引种地为低海拔的砖红壤土，大果青冈原产地在海拔1 000～1 800 m的沟谷林中，引种地为低海拔（570 m）的沟谷林。油朴虽是附近树种，但分布在石灰岩山，定植地为砖红壤土，多次挖苗生长差，而且会慢慢地死去。版纳青梅因侧根和须根少，原产地为沙土，移植时带土困难，而且伤根严重，因此生长迟缓，长势差。从45种珍稀濒危植物的物候看，幼树阶段生长节律不明显，一年中各株生长期往往不一致，各年的生长因气候不同生长期也不一致，多数树种生长时间长，有的甚至全年不断出新叶，到了接近成年时才开始有节律性。

尽管植物的迁地保护在全世界范围内都在开展，但仍还有一些问题需要进一步的研究。如珍稀、濒危植物迁地保护后的驯化问题、保护植物的再引种问题等。植物园（树木园）虽然能对一些植物进行迁地保护，但是它毕竟只是这些受威胁植物的“避难所”，而不是最终归宿。只有把这些植物“回归”自然才能达到长久的保护。由于热带植物群落在成分上、结构上比温带植物复杂得多，所以热带植物“回归”难度很大，需要经过实践以及试验不断探索新方法与规律。

4. 保护生物学的未来

保护生物学的研究方向可分为三个主要方面：(1) 调查编目研究：对某个国家和地区的物种特别是濒危物种进行全面调查，划分受威胁的等级，编制红皮书，禁止濒危物种贸易，建立自然保护区；(2) 濒危物种保护生物学研究：着重于濒危物种的种群、生殖和遗传等方面的生物学特性研究；(3) 生物多样性整合研究：对生物多样性各组分、各层次进行全面研究，着重从关键地区生物多样性的变化与机制上，揭示生物多样性的生态系统功能以及人为及自然干扰对生物多样性丧失的作用机理及其恢复技术。目前，国际科联和联合国科教文组织发起并实施的全球重大合作计划DIVERSITAS（1996）几乎囊括了上述所有的研究内容，并更强调了生物多样性的生态系统功能以及生物多样性保护和持续利用的重要性。

当前，保护生物学有许多活跃的研究领域，如小种群生存概率、确定和保护生物多样性热点地区、物种濒危绝灭机制、自然保护区理论与立法及公众教育等问题。

参考文献

蒋志刚，马克平，韩兴国：《保护生物学》，杭州：浙江科学技术出版社，1997。

Primack, R. B.: *Essentials of Conservation Biology*, Sinauer Associates, Inc. Sunderland, USA. 1993。

Soule, M. E.: What is conservation biology,

BioScience，35. 727～734，1985。

Soule，M. E.：Conservation biology and the "real world"，In：Soule，M. E.（ed.），*Conservation Biology*，*The Science of Scarcity and Diversity*，1～12，Sinauer Associates，Sunderland，MA. 1986。

Wilson，E. O.：*The Diversity of Life*，Cambridge，MA：Belknap Press of Harvard University Press，1992。

（蒋志刚 李春旺）

中国植物红皮书（China Plant Red Data Book）

植物是自然生态系统中的生产者，是人类赖以生存的物质基础，其他生物也直接或间接地依赖植物而生存。在生物多样性中，植物物种为其主要的组成部分，在其适应的环境中组成不同的植被类型，进而形成多种以植物为主的生态系统。植物在长期进化过程中形成了无数类型及其遗传性状，保存在物种及其种群之中。植物物种作为自然的基因库，是自然界留给人类最宝贵的财富。

自然界植物物种同其他生物一样，其发生、发展、衰退直至灭绝要经历一个漫长的历史过程，在这过程中物种的形成与灭绝的速率基本接近。然而，自人类社会出现以后，特别是近几十年来，随着人口的剧增、建设和消费以及药物需要的增加，人类向自然界索取植物资源的规模越来越大，强度越来越高，甚至是掠夺式的开发利用，森林等植被遭受日益严重的破坏，导致自然生态系统恶化，植物资源日益枯竭，物种的生存受到严重威胁，从而大大加快了物种灭绝的速度。据有关资料估计，到20世纪末，全世界可能有5万～6万种高等植物受到不同程度的威胁。我国由于历史悠久，数千年来砍伐森林、开垦农地、超载放牧、破坏植被和长期开发利用野生植物资源，估计受威胁的物种将高于10%的世界平均比例，濒危和受威胁的高等植物可达4 000～4 500种，约占物种总数的15%。

20世纪70年代末，世界自然保护联盟（IUCN）注意到野生植物物种作为商品贸易是加速物种濒危乃至灭绝的最主要原因，故于1978年在华盛顿拟签了《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)，从而有效保护部分濒危物种。1981年，我国加入该组织后，为加快植物物种的保护，缩短与发达国家的差距，原国务院环境领导小组办公室随即会同中国科学院植物研究所及《中国植物志》编委会组织全国各有关部门、科研及教学单位的专家拟订国家保护植物名录，1982年整编成《国家重点保护植物名录》送发有关单位，1984年改为《中国珍稀濒危植物名录》(以下简称《名录》)，并由国务院环境保护委员会正式公布。在此期间，由于一些国家或国际组织陆续编著出版了植物红皮书，故我国亦决定以《名录》为依据，由国家环保局为主持单位，中国科学院植物研究所为主编单位，组成了以傅立国任主编，19位专家、教授参与的第一册《中国植物红皮书》编委会，邀请全国63个科、教单位的180位专家、教授开展了珍稀濒危植物的调查，经过4年的艰苦工作，完成了野外考察，1996年编著了第一册《中国植物红皮书——稀有濒危植物》(以下简称《红皮书》)的中文稿及英文稿，应邀审稿的教授达100多位。全国各省区的植物标本馆，为每种植物分布图的绘制提供了可靠的分布资料。为使该书更好地发挥其应有的社会效益，又组编了《红皮书》的普及本《中国珍稀濒危植物》，每种植物绘有详尽的形态图，先于《红皮书》在1989年由上海教育出版社出版，1991年及1992年科学出版社出版了第一册《中国植物红皮书》中文版及英文版（*China plant red data book*）。由于

上述植物物种保护的专著是集体智慧的结晶，内容丰富，图文并茂，科学性强，每种植物有中、拉名称及其所隶属的科、类，记述有现状、形态特征、地理分布、生态学和生物学特性、保护价值、保护措施、栽培要点及主要参考文献，出版后深受国内外广大读者，特别是从事植物物种保护、管理、科研的科技工作者的好评；对保护我国珍稀濒危植物的原生种群和迁地保护发挥了重要作用；推动了许多省区拟订保护植物名录和编著本省区的珍稀濒危植物的专著的工作。

在完成第一批珍稀濒危植物考察和出版《中国植物红皮书》第一册后，中国科学院植物所又拟订了第二批中国稀有濒危植物名录，并获得国家环境保护总局和国家自然科学基金委员会的联合资助，开展了第二批中国稀有濒危植物的考察，经过几年的艰苦工作，现已完成300 余种的野外调查和《中国植物红皮书》第二册中文版的编写。最近，在获得中华人民共和国濒危野生动植物管理办公室资助后，将对少部分物种进行补点调查，加快了中文版文稿的审定和英文版及普及版的编著工作，《中国植物红皮书》第二册的三个版本也即将出版。

（傅立国）

中国濒危动物红皮书（China Red Data Book of Endangered Animals）

由于人口膨胀、人类活动对物种生境的破坏、生物资源的过度利用、环境的污染以及外来种的引入等因素，使物种的生存受到不同程度的威胁，乃至濒临灭绝的境地，这已成为世界范围内的严重问题，因此世界自然保护联盟（IUCN）于1966 年首次出版了哺乳动物红皮书，此后相继又陆续出版了不同门类的动、植物红皮书或红色名录。中国是世界上动、植物物种最丰富的国家之一，区系组成又十分独特，但物种受威胁或灭绝的程度也是相当严重的。可是在《中国濒危动物红皮书》出版之前，我国动物物种濒危的有关信息很不完整，没有全面而系统的物种濒危的基础资料，因此对我国的濒危物种现状难以做出比较全面的科学评价，难以提出切实的保护行动和措施。国家环境保护局在80 年代发起编写《中国植物红皮书》之后，又发起并资助了《中国濒危动物红皮书》的编写，国家濒危物种科学委员会承担了此项目，由汪松任主编，负责具体策划和组织工作。《中国濒危动物红皮书》陆续在1998 年出版。红皮书中提供了有关中国濒危动物的种群分布、数量现状和趋势、濒危等级和受威胁的原因、已有的和建议应采取的保护措施、饲养情况等方面的基础资料，成为国家制定生物多样性尤其是物种多样性保护政策和法规的可靠依据；也为各级政府部门在制定行动计划和确定优先项目提供了科学的依据。红皮书又为科研和教学部门从事生物多样性保护的科学研究，提供必要的基础资料；为社会公众提供物种濒危的信息，以促使全社会对濒危物种保护采取行动。

参照IUCN 的濒危物种红皮书和红色名录中关于濒危物种的等级标准，我国动物红皮书采用的物种濒危等级如下：

·野生绝迹（EX）：指野生种群已经消失，但人工放养或饲养的尚有残存，如麋鹿。

·国内绝迹（ET）：指国内野生种群已经消失，但国外尚有野生的种群，如高鼻羚羊。

·濒危（E）：指野生种群已经降低到濒临灭绝或绝迹的临界程度，且致危因素仍在继续，如朱鹮、华南虎、东北虎、白鳍豚等。

·易危（V）：指野生种群已明显下降，如不采取有效的保护措施，势必成为“濒危”者，或因其近似某“濒危”物种，必须予以保护以确保该“濒危”物种的生存，如金猫、

云豹。

·稀有（R）：指从分类定名以来，迄今总共只有为数有限的发现记录，其数量稀少的原因主要不是人为的因素，如沟牙鼯鼠、海南鼠等。

·未定（I）：指情况不甚明了，但有迹象表明可能已经属于或疑为“濒危”或“易危”者，如普氏原羚、假吸血蝙蝠等。

由于许多较低等动物类群的物种分布和数量方面资料的局限，也由于经费有限，目前这套濒危动物红皮书就只限脊椎动物各类，分为四卷出版，即鸟类、两栖类和爬行类、兽类及鱼类。为便于使用，每种动物都带有简明的形态特征描述，并尽可能附有外形图和分布图。由于濒危物种保护需要国际间的合作，红皮书的大部分内容附有英文意译，以利于交流。

《中国濒危动物红皮书》共分四卷：鸟类，鱼类，两栖类和爬行类，兽类。鸟类卷主编为郑光美、王岐山，共列入濒危鸟类物种数为183种，分别由王岐山、王祖祥、卢汰春、杨岚、郑光美、高玮、谭耀匡撰写；鱼类卷主持单位为中国科学院水生生物研究所，参加单位为中国科学院动物研究所和中国科学院昆明动物研究所，主编为乐佩琦、陈宜瑜，共列入濒危鱼类物种数为92种，分属9目24科78属，参加编写的有张春光、乐佩琦、陈宜瑜、李思忠、崔桂华等；两栖类和爬行类卷，主持单位为中国科学院成都生物研究所，主编为赵尔宓，共列入濒危物种数为125种，其中两栖动物29种，分属3目8科13属，爬行动物96种，分属3目20科54属，参加编写的有赵尔宓、宗愉、温业棠、杨大同、马积藩、张玉霞、陈壁辉等15位；兽类卷主编为汪松，共列入濒危兽类133种，分别由冯祚建、胡锦矗、刘振河、马逸清、盛和林、汪松、王应祥、郑昌琳等13人撰写。

我国野生动物资源虽极其丰富，但中、大型动物种类几乎全部都是不同程度的受威胁物种，小型种类因情况不明而难以估计。大量小型兽类、鱼类、鸟类和两栖类、爬行类，因各种因素的影响，已面临濒危状况而未被人们关注。而长期作为害兽而消灭的狼、野猪等，以及作为狩猎对象的狍、麂等，目前的分布和数量显然已经十分稀少，有的地区已经绝迹，但因资料不足都未反映在目前的红皮书中；而数量居绝大多数的无脊椎动物，包括昆虫的红皮书，因条件不具备，尚未动工，这些都有待再版时进行修改或补充。

参考文献

汪松（主编）：《中国濒危动物红皮书》，北京：科学出版社，1998。

（钱迎倩）

珍稀濒危动物的保护（Conservation of Rare and Endangered Animals）

定义与概念　珍稀濒危动物实际上是珍贵、稀有和濒危动物的总称。“珍贵动物”是指那些具有较大经济价值，或在科学、文化上具有重要意义的动物，如我国传统中药视为贵重药物的虎（骨）、犀（角）、麝（香）、熊（胆）等。“稀有动物”则是指现存数量已十分稀少的物种，如朱鹮。“濒危动物”虽与其现存数量稀少有关，但从其种群变化趋势而言，明显呈现出濒临灭绝的走向，如众所周知的猎豹、大熊猫、金丝猴等。珍稀濒危物种目前尚无统一的定义，所用称呼也不一致，如国际上常见的“濒危物种”、“受威胁物种”，国内多称为“珍稀濒危物种”或“国家重点保护种类”等等。珍稀濒危动物的研究和管理已由原来的动物学、野生动物管理学扩展到环境科学、保护生物学乃至制订国际法，成为当今世界自然保护运动中的热点。

珍稀濒危动物的现状和趋势 20 世纪中叶，野生动物的灭绝和濒危状况引起了全球的关注。1973 年在IUCN 的组织下，21 个国家共同签署了《濒危野生动植物种国际贸易公约》（即CITES），对濒危动植物的国际贸易实行控制。该公约按物种濒危程度分列附录I、附录II、附录III 三大类。当时列入的物种计约670 种。迄今，公约的缔约国已达150 多个。来自IUCN 的最新消息表明，灭绝和受威胁的生物物种急剧增加，据1997 年IUCN 红色名录统计，受威胁的脊椎动物已达到3 314 种，受威胁率约为7%，其中鸟类高达24%，哺乳类为12%。1989 年列入我国《国家重点保护野生动物名录》的珍稀濒危脊椎动物233 种；而1998 年《中国濒危动物红皮书》记载的濒危脊椎动物已增加到533 种；同年，国家环保局发表的《中国生物多样性国情研究报告》刊录了433 种濒危脊椎动物的信息，受威胁率已达到6.8%。濒危物种之多、受威胁率之高以及发展速度之快是当今珍稀濒危动物濒危状况的总趋势。Wilson 等认为：在过去的2 亿年中，自然界每世纪有90 多种脊椎动物灭绝，随着人类活动的加剧，物种灭绝速度不断加快，现在物种灭绝的速度是自然灭绝速度的1 000倍。据IUCN 物种保护监测中心1988 年的估计，全球有10%的物种面临灭绝，到20 世纪末，将有15%～20%的物种从地球消失，如果不采取有效的措施，灭绝速率可能超过20%。

珍稀濒危动物的致危原因 生物灭绝和濒危的原因是多方面的，既有其内部的因素，也有外部的因素，有自然方面的原因，也有人为的作用。就我国具体情况而言，动物濒危原因大体可归纳为下列几方面：滥捕乱猎，过度开发—— 由于野生动物在我国传统食用、药用和毛皮革羽等方面的重大作用，动物资源长期处在滥捕乱猎和过度利用的高压下，很多具有重大经济价值的种类首当其冲地走向灭绝和濒危，如犀牛、高鼻羚羊、虎、豹、麝等。其二是由于人口剧增、生境破坏、栖息地缩减加速了野生动物的濒危过程。全球人口由19 世纪初的10 亿猛增至今日的60 亿，巨大的人口数量提升了对自然资源的需求压力。森林砍伐、草场过量放牧、湿地排干、水体污染等引发了自然生境破坏，野生动物栖息地被侵占，使很多物种，包括一些没有直接经济价值的物种，其生存、繁衍也受到严重影响。外来物种的引入，破坏了原来生物区系的平衡结构，往往使一些土著种类陷于无力竞争的困境，进而变得十分濒危，其中尤以孤立的岛屿和封闭的湖泊更为严重。此外，自然灾害和物种本身的内在因素也不容忽视。范围广阔、程度剧烈的自然灾害，如地史上的造山运动、火山爆发、气候剧变、持续旱涝也曾使很多物种灭绝和濒危。生物自身在其进化过程中，也有部分物种因遗传衰竭而走上灭绝和濒危之路。近代分子生物学研究表明，诸如猎豹、大熊猫等一些物种，它们的遗传多样性极度贫乏，是造成其生命力低下的重要原因。

珍稀濒危动物的保护 远古时代，野生动物是人类生活的重要来源。出于对猎物产量的关注，人类很早就萌生了原始的保护意识。近代野生动物的濒危状况促使人们研究和实施各种保护对策，历经半个多世纪的探索，目前业已成功总结出一系列行之有效的保护措施。

立法保护：我国自周朝（公元前11 世纪至公元前256 年）始，历代均有野生动植物的保护法令。

14 世纪后的欧洲各国也陆续制定狩猎法。美国于20 世纪30 年代由国会通过了一系列保护法规和法律，于1973 年正式颁布《濒危物种法案》，对800 多种濒危动物予以保

护。《濒危野生动植物种国际贸易公约》则开启了珍稀濒危物种保护的国际性合作。而后签署的《迁徙野生动物保护公约》、《湿地公约》和《世界文化和自然遗产保护公约》等国际性公约进一步完善了对濒危物种的保护。1992 年的世界环境与发展大会上，178 个国家共同签署的《生物多样性公约》等文件，推动了全球性的物种和生境保护行动。我国近代的野生动物立法保护始于 1914 年北洋政府制定的首部《狩猎法》和《渔业法》。解放后，我国政务院于1950 年即颁布了《关于规定古迹、珍贵文物及稀有动物保护办法》。1959 年国务院批转了对外文委的“关于我国珍贵动物出口问题的请示报告”，对3 类29 种珍贵动物限制出口。1962 年国务院发出“关于积极保护和合理利用野生动物资源的指示”，将大熊猫、牛羚、金丝猴等20 种珍稀动物列为一类保护物种，马鹿、麝、蓝马鸡等37 种列为二类保护物种。1973 年，林业部在《野生动物资源保护条例》中，提出我国急需保护的珍稀濒危动物共计 3 大类 70 种的名录。此名录随后又增加到1979 年时的150 种、1984 年时的253 种。1988 年，经全国人民代表大会常务委员会批准，颁布了《中华人民共和国野生动物保护法》，随后正式公布《国家重点保护野生动物名录》，总计335 种。90 年代，根据野生动物濒危状况，又先后制定和颁布了一系列的法律、法规和法令，如“关于加强珍稀野鸟、野味和观赏野生动物出口管理的通知”(1990)、“严厉打击非法捕杀、收购、倒卖、走私野生动物活动的通知”(1990)、“中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例”(1992)、“水生野生动物保护实施条例”（1993)、“禁止犀牛和虎骨贸易”(1993）等等。随着上述法律、法规、法令的实施，全国自上而下建立起系统的野生动物管理和执法机构，我国珍稀濒危动物保护的立法、执法体系得以全面建立。

自然保护区的设立：自然保护区是以保护特定的自然生境和其中珍稀濒危物种为目的的特定区域。我国于1956 年建立第一个保护区，截止至1999 年底，全国自然保护区已有1 118 个，总面积$8.64\times10^5 km^2$，占国土面积的8.6%。中国自然保护区是我国珍稀濒危动物有效保护的重要设施。据近年报道，大熊猫、亚洲象、金丝猴、牛羚、丹顶鹤、朱鹮、扬子鳄等珍稀濒危物种的种群数量已有明显回升。

迁地保护：相对于自然保护区的原地保护而言，动物园、野生动物园、珍稀濒危动物繁育中心等设施，将野生的或本土已灭绝的动物重新引进人工或半人工环境内予以保育性饲养，此举通常称为迁地保护。迁地保护是自然保护的重要补充。动物园对野生动物，尤其是珍稀濒危动物的饲养、繁殖研究也做出极大贡献。大熊猫、东北虎、华南虎、牛羚、金丝猴、黑叶猴、小熊猫等种类的人工繁殖先后获得了成功。我国已灭绝而又重新引入的麋鹿、高鼻羚羊、野马等动物种群也得以扩大发展。据统计，全国人工繁育成功并建立稳定种群的珍稀动物已达 100 多种。随着生物科技的发展，人们不断探索濒危动物保护的高科技手段。80 年代，中国科学院昆明动物研究所应用超低温冻存技术保存动物的生殖细胞和组织，创建了我国第一个野生动物细胞库。迄今已成功冻存野生动物细胞株402 株，为珍稀濒危动物的种质资源保护建立了新的技术手段。90 年代后期，中国科学院动物研究所开始利用克隆技术，对我国的大熊猫进行克隆研究。上述新技术的应用，无疑为珍稀濒危动物的有效保护提供了更有力的支持。

参考文献

汪松:《中国濒危动物红皮书》(鱼类、两栖爬行类、兽类、鸟类),北京:科学出版社,1998。

马建章,贾竞波:《野生动物管理学》,哈尔滨:东北林业大学出版社,1990。

陈建伟,王维胜:依法保护,事业发展,《大自然》,3:4~7,1998。

(苏承业)

物种的迁地保护 (Ex-situ Conservation of Endangered Species)

物种的迁地保护是将濒危动植物迁离原产地,转移到相对适宜的人为环境中保护起来,也称异地保护。迁地保护是物种保护两种重要形式之一,是对就地保护的一种补充,可以对受威胁的和稀有的物种及其繁殖体进行长期保存、分析、实验并使之增殖。

迁地保护起源于早期的植物园和动物园,最早可追溯到我国公元前2800 年。自20世纪以来,国际上日益关注稀有、濒危动植物的保护,推出一系列行动纲领和措施。我国在建国后也开始统筹安排迁地保护工作,特别是进入80 年代以后,得到了巨大发展。

植物园 植物园是植物迁地保护的重要基地,我国目前已建立了约120 个植物园(树木园),引种栽培植物约18 000种,建立了各种专类园(区)约800 个。许多专类园区成为国家植物资源种质库或专类植物研究基地。某些栽培植物如兰科、山茶属、猕猴桃属、槭树属、杜鹃花属和报春花属在世界上占有重要地位。

根据中国科学院植物研究所的“中国珍稀濒危植物数据库”和27 个植物园提供的国家保护植物栽培资料,对我国的濒危、珍稀物种在植物园的栽培情况进行了统计,从表4 的数据可以推断,全国所有植物园已经栽培的国家第一批稀有濒危植物估计可达90%,第二批稀有濒危植物可达30%左右。在植物园已栽培的濒危植物中,裸子植物比例最大,蕨类植物比例最小。

表4 中国稀有濒危物种在植物园中的迁地保护情况

名单批次	统计项目	合计	蕨类植物	裸子植物	被子植物	抽查植物园数
第一批名单	需保存种类	389	13	71	305	
	已栽培种类	332	10	62	260	48
	占需保存种类的百分比	83.5	76.9	87.5	85.2	
第二批名单	需保存种类	640	26	11	603	
	已栽培种类	154	2	6	146	25
	占需保存种类的百分比	24.1	7.7	54.5	24.3	

动物园、水族馆和各类繁育基地 动物园是重要的濒危动物个体的保育场所。中国大陆目前有动物园171 个,饲养着10 余万只动物,计600 余种。其中大熊猫、黑颈鹤、朱鹮、金丝猴、华南虎、扬子鳄、牛羚、黑叶猴等珍稀濒危动物已在动物园繁殖成功。在迁地保护的这些物种中,其中朱鹮的迁地保护工作具有重要的代表意义。朱鹮曾经广布于亚洲东南部地区,但近几十年来数量急剧下降。80 年代初,日本迁地保护仅存的6 只朱鹮,但没有成功;其后我国在陕西洋县发现的几十只野生朱鹮,是世界上仅存的野生

朱鹮种群。国家在当地建立了保护区，同时于1986年在北京动物园建立了“朱鹮养殖中心”，后来的发展证明，就地保护与迁地保护并举的方式，对朱鹮保护是有效的。1992年，北京动物园人工繁殖朱鹮获得成功，野生种群也开始恢复增长。此外林业部和建设部在全国已建立各种野生动物繁育中心126个，并建立了珍稀动物驯养中心和珍贵动物救护中心等共14处，统筹安排珍稀野生动物的迁地保护，其中以成都大熊猫繁育研究基地、广西黑叶猴繁殖基地、青海扭角羚繁育研究基地和沈阳珍稀鹤类繁育研究基地最为著名。水族馆在饲养鲸类方面也积累了宝贵经验，可以应用到濒危鲸类保护。

种子库和基因资源库 除了植物园外，种子库也是重要的植物迁地保护措施。大多数植物种子在冷藏条件下保存相当长时间后仍具有萌芽生长能力。人们利用这一特征在全球建立了50个大型的种子库。中国农业科学院作物品种资源所建立了国家作物种子资源库，其他有关省、市也分别建立了种子资源库，保存了数万份植物种子。

同样，基因资源库也是一种迁地保护的补充措施。基因资源库就是有组织地收集、储存和利用生物组织，将生物的遗传物质和细胞置于液氮环境下长期保存，解冻后用于人工授精、卵移植和胚胎移植。中国科学院在上海细胞生物学研究所和昆明动物研究所分别建立了细胞库，收集了许多野生动物的细胞，其中有不少是我国特有的濒危物种的细胞。

植物的迁地保护 由于不同植物各具有自己的生物学特性和生态适应性，因此它们在地球上的分布都有一定的地域性。为了使植物能在迁地保护的地区正常生长、发育和繁殖，国内外专家都主张植物园应主要保存当地的区系成分。我国植物园在保存区系成分方面已有很大发展。例如，西双版纳的热带植物园保存了大量有地区代表性的热带雨林物种。但我国所建立的植物园分布过分集中，不能反映中国植物多样性的分布趋势。在植物多样性最丰富、生境特殊和中国特有类群分布中心等地区很少或几乎没有建立植物园。

特有种的保护在迁地保护中具有重要的意义。保护一个包含许多广布种的群落比包含了许多特有种的群落对保护生物多样性的贡献要小得多。我国的特有分类群，如银杏科、杜仲科、珙桐科、独叶草科、芒苞草科、伯乐树科和大雪藤科等，在高等植物中有256个特有属，占中国高等植物属数的6.6%，我国特有种的比例高达50%，有15 000种。目前，在我国所制定的濒危保护植物名录和植物园栽培名录中，我国的特有种所占比例相对较低。这是我国未来植物园建设需要克服的困难之一。

稀有濒危植物在植物园迁地保护的有效性主要由四个指标来判定：1. 是否能在植物园内正常生长发育、繁殖后代和保持原有的遗传特性：目前在我国植物园栽培的植物有621种，其中正常的占85%，在迁地保护中基本获得成功，有10%的栽培植物生长不正常，5%生长状况不明。然而，有些正常发育的种还处于幼苗期，极可能受到土质、气候或生物危害等多方面因素的影响。2. 是否能在其他植物园重复栽培保存：多个植物园中的重复栽种可以保护遗传多样性，避免近亲繁殖而引起的基因流失和种群灭绝。目前，我国植物园内濒危物种的重复栽培率还比较低。3. 是否有足够的种群以减少其遗传多样性的损失：物种保护注重遗传多样性，必然要求有较大的种群，一般国际上以物种保护最小种群或最小存活种群为物种保护的种群标准，目前我国植物园内栽培的稀有濒危植物

只有20%～40%的物种达到了最低标准。4.植物园是否建立了科学的档案记录系统：迁地保护涉及的物种类别和数量非常大，来源也不尽相同，如果没有完备的科学档案记录系统和使用微机管理，整个濒危植物保护工作将十分困难。目前我国的植物园还缺乏合理科学的档案记录系统，需要进一步统一完善。

动物的迁地保护 动物迁地保护主要内容包括繁育个体和放归自然。管理人员应通过安排配种方案来建立封闭繁殖种群、交换繁殖个体，甚至通过控制某一育龄段的出生数及淘汰某一年龄个体来管理迁地种群的遗传和种群结构。在迁地保护初期，采取合适的繁殖管理使迁地种群迅速增加，脱离危险期，在动物园或繁殖基地内建立自我维持的种群，如黑叶猴、扬子鳄、丹顶鹤等。在过去十几年内，许多繁殖技术，主要是人工繁殖技术，在动物园内取得很大的成功，如大熊猫的人工授精提高了繁殖效率。

动物园科学管理的基础工作就是建立人工饲养动物谱系，避免近亲繁殖和种群退化，为种群管理提供依据。自1985年以来，我国已完成大熊猫、小熊猫、黑颈鹤、丹顶鹤、华南虎的谱系修订工作。由于在大熊猫和华南虎谱系工作的重大贡献，中国动物园协会的赵国庆、谢钟及重庆动物园的李映红分别成为国际大熊猫和华南虎谱系保存人。根据谱系分析，建设部制定了中国大熊猫迁地保护计划、华南虎圈养繁殖计划等。但由于谱系分析工作起步较晚，动物种群在动物园内因近亲繁殖造成的退化现象比较明显。

迁地保护物种的个体，目的就是使濒危物种解危，最终能重新回归自然，在自然生境中自我繁衍。人工繁育的个体在野放之前必须加以训练，适应野外环境，并能与野外个体形成群体，发生交配繁殖，产生后代，才能达到放归自然的目的。麋鹿的回归是比较成功的回归自然的例子，目前在我国的江苏、湖北和北京都建立了野生或半野生的麋鹿种群。

世界自然保护联盟对濒危动物实施迁地保护的策略是，在野外的动物种群数量下降到1 000 只以前，就应在人工饲养的条件下建立一个能自我维持的种群。我国实施迁地保护，除了遵循国际保护策略外，针对我国的实际情况，对利用率较高的经济物种也实施了迁地保护的措施，建立了繁殖基地，以缓解对野外资源的直接猎取，避免给这一物种带来灭顶之灾。

当前的国际动态是动物园正逐渐转变为保护中心，重点放在研究生态系统和物种的整体保护，加快建立国际合作的组织网络。在我国，无论动物园的建设还是低温保存库的建设，目前都处在较低水平，还没有完全摆脱建设笼舍式动物园的陈旧模式，与发达国家相比有较大差距。我国的动物迁地保护现状不容乐观，迁地保护工作任重道远。

参考文献

国家环保局主持，《中国生物多样性国情研究报告》编写组编：《中国生物多样性国情研究报告》，北京：中国环境科学出版社，1997。

蒋志刚，马克平，韩兴国主编：《保护生物学》，杭州：浙江科学技术出版社，1997。

宋延龄，杨亲二，黄永青主编：《物种多样性研究和保护》，杭州：浙江科学技术出版社，1998。

（周红章　于晓东）

保护大熊猫及其栖息地工程

(Conservation engineering of Panda and its habitat)

大熊猫（*Ailuropdoa melanoleuca*）在300多万年前，曾在东亚不少地区广泛分布，除

中国外，缅甸、越南等国家都发现过大熊猫的化石。在中国，北面分布到北京周口店，黄河以南曾经有连片的分布，但由于人类活动长期的影响，例如大片的森林采伐、农业垦荒以及偷猎活动等，严重地破坏了大熊猫的栖息地，使目前的分布区仅局限在中国的青藏高原东缘、四川省和甘肃省境内的岷山山脉、邛崃山、大相岭、小相岭、凉山和陕西省的秦岭部分地区。70 年代，大熊猫的分布区包括45 个县，栖息地面积约为25 000 km^2。到80 年代调查时，分布范围已减少到 34 个县，面积也仅有13 900 km^2，数量仅有1 000 多只。更为严重的是现存的栖息地被道路、河流、森林皆伐地区、农田和人类居住地分割开而呈片段化。仅存的近千只大熊猫被分割成20 多个小群体，有的小种群仅有3～5 只大熊猫。这些小种群对影响种群数量变化的随机因素十分敏感，极易在局部地区灭绝。栖息地的片段化也限制了熊猫种群间的基因交流，会因近亲交配和遗传漂变造成种群遗传多态性降低，给大熊猫种群的恢复造成很大困难。

大熊猫目前这一仅分布于中国的珍稀孑遗物种，由于其有着任何其他动物都没有的迷人的魅力，深受全世界人民的喜爱，是世界自然历史遗产的重要组成部分，世界野生生物基金会（WWF）把它作为全世界自然保护的象征，以它作为会徽。数量的不断减少以及栖息地不断缩小与片段化，使保护大熊猫不仅为中国政府所重视，并已为世界各国及很多国际组织所关注，我国政府为保护大熊猫从20 世纪50 年代开始投入了大量的人力、物力。

50 年代开始，中国科学工作者在几个地区对大熊猫进行观察。1963 年就建立了以大熊猫及其栖息地为保护对象的包括卧龙保护区在内的4 个自然保护区，70 年代又增建了9 个大熊猫保护区。1974～1977 年间持续对大熊猫进行了调查，发现在1974～1977 年间四川北部岷山地区大熊猫的主食华桔竹（*Fargesia spathacea*）和其他竹种大面积开花、结籽，然后枯死，引起大熊猫的饥荒，饿死至少138 只。80 年代，大熊猫分布区竹类又一次大面积开花枯死。1978 年初南充师范学院的胡锦矗等开始对卧龙自然保护区的大熊猫开展研究。而后，国家有关部门组织了一次大熊猫的调查，并于1980 年由林业部会同中国环境科学协会、中国科学院的专家们和世界野生生物基金会合作，对大熊猫进行了为期10 年的研究，并在该合作研究的基础上共同编制了《中国大熊猫及其栖息地保护管理计划》，为大熊猫的保护与管理提供了科学的依据。该计划中有下列两个重要的部分：

1. 修建保护大熊猫及其生态系统的研究中心：该中心由林业部和世界野生生物基金会联合投资，包括实验室和饲养场，附有兽医院和熊猫保育室。

2. 大熊猫的研究：研究野生大熊猫的生态行为，包括种群动态、移动、繁殖、生物学、食性和改进采食区域措施的研究与调查；采取应急计划（包括人工投食，把熊猫从灾区转移到其他栖息地临时饲养或其他可行措施），以应对自然灾害；对圈养熊猫进行研究（包括繁殖生物学、营养、行为和人工抚育幼崽熊猫）。

这个项目还对保护大熊猫所必须要解决的问题进行了研究。例如，要研究在目前狭小的受割裂的分布区里，维持这个物种的种群最低数量；要研究其出生率、死亡率、移动规律及供养能力；要研究熊猫在血缘关系上是与熊类还是与浣熊类更接近；要研究其食性，大熊猫保留着食肉动物所具有的那种简单的肠胃，但却以特化的植物性食性生活（适应以竹子为生的生活）。

除中国科学工作者外,从1980年开始,世界野生生物基金会的G. B. Schaller等人参加了卧龙保护区保护大熊猫的研究。经过几年的研究,1985年以胡锦矗为首的学者发表了《卧龙的大熊猫》的专著。这本专著先对大熊猫做了简述,然后分别阐述大熊猫的觅食对策、移动方式、活动方式、种群动态及社群行为、营养与行为之间的关系,以及通过对其繁殖与通讯的研究在系统进化上对大熊猫、熊、浣熊做了较为详尽的分析。最后对大熊猫的保护提出了几条建议,其中最为重要的有如下两条:(1)要保护现存的种群,并在适宜的生态环境里重新恢复这一物种,因此必须要划出对保护和恢复这个物种具有关键作用的地区,要确定在一个地区生存所需的最低有效种群数量,要摸清一个特有种群在不同栖息地条件下所需的栖息地面积及收集出生率和死亡率的资料,以便计算要成功地引入熊猫所需的个体数量。(2)大多数熊猫种群都很小,数量不到50只,而且彼此隔离,近亲交配使熊猫的遗传多样性丧失。因此有必要再建立一些大的保护区,扩大现存的保护区,而且相邻的种群应有竹子走廊沟通。另外,还提出长期的管理计划,包括把一些个体从一个种群转移到另一个种群。

在上述《中国大熊猫及其栖息地保护管理计划》的基础上,为从根本上缓解栖息地片段化给大熊猫带来的困境,遏制大熊猫栖息地丢失的趋势,创造生存必需的条件,并促进种群的恢复和发展,国家林业部制定了《中国保护大熊猫及其栖息地工程》(简称《工程》)。《工程》包括下列五个方面的主要内容:

1. 完善已建立的13个保护大熊猫的自然保护区的建设和管理:自然保护区是物种就地保护的主要措施,在大熊猫的种群及其栖息地保护方面已得到明显的效果。例如,过去建立的13个自然保护区,占地面积为5 830 km^2,约有350只大熊猫生活在面积为3 751 km^{2}的适宜栖息地中。由于自然保护区均建立起管理机构并制定了管理措施,对偷伐森林和盗猎野生动物的案件坚决查处打击,使大熊猫的数量基本上维持稳定。《工程》的实施将加大对保护区的投资力度,完善基本建设,建立监测体系和巡护网络,并将居住于保护区核心区的依靠保护区的生物资源来从事生产活动的居民迁出保护区,以减少人类活动对大熊猫种群活动及迁移的影响,促进大熊猫个体在种群间的交流。为野生动物的保护而采取移民措施,在中国还是第一次。

2. 在大熊猫集中分布和重要栖息地新建自然保护区:将新建立14个大熊猫自然保护区,其中11个建在四川省,1个在甘肃省,2个在陕西省。保护区建立后,将对总面积为4 242 km^{2}的陆地面积进行有效保护,其中2 479 km^{2}为大熊猫栖息地,并将大熊猫几个主要分布区连成几个大片。

3. 建立保护走廊带,将大熊猫保护区连成网络:为解决大熊猫栖息地片段化,种群间无法进行基因交流问题,《工程》提出将在相互无法连接的保护区和重要栖息地之间建立起18条保护走廊带。有了通道可使大熊猫的遗传多样性得到保存。

4. 建立保护站,为保护区外的大熊猫及其栖息地提供有效的保护:新建保护区和保护走廊带的建立等保护措施还不可能将所有大熊猫及其栖息地全部包括,仍有7 400 km^2(占全部栖息地的53%)分散在四川、陕西和甘肃3个省的32个县境内。由于种种原因,这些地区暂不可能建立自然保护区,《工程》将计划在这32个县内建立大熊猫栖息地保护管理站,对分布在这些地区的大熊猫及其栖息地进行保护和管理。

5. 加强以饲养繁殖和生态学为重点的科学研究：考虑到野生大熊猫种群数量呈下降趋势，因此为物种保存有必要建立一稳定的圈养大熊猫种群。虽然国内动物园在大熊猫繁殖方面已取得优异成绩，但有关繁殖生理、交配机制、疾病病理及行为学等问题仍需要解决。开展饲养繁殖研究，才可能解决迁地保护或最后重新回归自然的问题。《工程》提出了以大熊猫种群生态、繁殖生理、疾病防治、科学饲养、放归野外等几个方面为重点的研究目标。

《工程》的实施，将把分布于四川、陕西、甘肃的 34 个县现存的总面积为13 900 km^2 的大熊猫栖息地全部保护下来。新建的保护区和保护走廊带将互不相连的保护区连成秦岭、岷山北部及南部、邛崃山等几个相对集中的大片，形成保护区群或网络，约有95％的现存野生大熊猫得到有效保护。

大熊猫是一种“旗舰种”，保护了大熊猫及其栖息地，也就使中国生物多样性丰富度高的秦岭、岷山、邛崃山、大相岭、小相岭和凉山六大山系的珍稀动植物得到了有效的保护，为我国生物多样性的研究和保护做出贡献。

此外，上述六大山系是长江主要支流如嘉陵江、岷江、涪江、大渡河、金沙江和汉水的水源涵养林分布地区。秦岭北坡的水系是黄河的上游支流。因此《工程》的实施，在气候调节、水土保持、土壤改良、减灾、农业高产稳产、水电站正常运转和环境良性循环等方面均发挥积极的作用。

《工程》的实施又可为有关地区的发展提供契机。由于在国际上大熊猫成为自然保护的象征，《工程》的实施表明了中国在保护生物多样性方面的决心，在国际上产生了重大的影响，也提高了全社会对保护大熊猫和其他珍稀、濒危生物的自觉性。

参考文献

范志勇，宋延龄：中国保护大熊猫及其栖息地工程，见：蒋志刚等编：《保护生物学》，杭州：浙江科学技术出版社，206～213，1997。

胡锦矗，Schaller，G. B. 等：《卧龙的大熊猫》，成都：四川科学技术出版社，1985。

（钱迎倩）

中国的物种多样性研究（Studies on Species Diversity in China）

从理论上讲，物种多样性是指地球上所有生物物种及其各种变化的总体。这意味着，研究物种多样性要以物种为单元，以分类学为基础，探讨物种多样性的空间格局、时间格局和生物学格局，从进化与系统发育的角度认识物种多样性的产生与发展历史。因此，有人把系统分类学称为关于生物多样性的科学。

从可以操作的角度出发，物种多样性概念有以下含义：（1）特定地理区域的物种多样性；（2）特定群落及生态系统单元的物种多样性；（3）一定进化时段或进化支系的物种多样性。前者是在一定区域范围内研究物种多样性，主要通过区域物种调查，从分类学、系统学和生物地理学角度研究特定区域内的物种丰富度、变化规律及其成因。群落及生态系统水平上物种多样性则有所不同，它是从生态学角度对群落的组成及变化进行研究，强调物种多样性的生态学意义，如生态功能群的划分、物种在能量流和物质流中的作用等。此外，从生物演化角度看，物种多样性在时间维度上呈现特殊的变化规律，不仅生物物种本身以及物种的集合（分类单元）有起源、发展、衰退和消亡的过程，就是物种多样性整体也有自己特定的演变规律，这也是物种多样性研究的重要方面。

典型的物种多样性研究应涵盖三个方

面：物种水平的生物多样性（一个地区内物种的多样化，或一个生物门类的物种多样性），从物种形成与进化、分类学、系统学和生物地理学角度研究物种多样性；物种的受威胁现状和濒危物种的保护生物学研究；生态学研究中的物种多样性，实质上是指生物群落中的物种多样性，以及物种多样性在生态系统中的功能，部分学者把这方面的内容看成是生态系统多样性。后两方面或者已发展成为独立学科，或者涵盖在生物多样性的生态系统功能研究中，从而区别于第一种含义的物种多样性研究。

我国的物种多样性研究成果，主要体现在区系、分类学和区域性考察。

建国以来，我国区域性重大科学考察大致有以下几个发展阶段：第一阶段（1950～1960）：主要进行了云南中苏考察、南水北调考察和新疆综合考察。这一时期主要是学习探索，紧扣国家建设中的重大任务，提供科学决策依据。主要成绩是大大积累丰富了中科院以及整个国家的标本收藏，但未能出版较有影响的论著。第二阶段（1960～1970）：仅进行了西藏生物资源考察和珠峰登山科学考察。由于众所周知的历史原因，野外科学考察研究工作基本停滞。第三阶段（1970～1990）：完成了下列规模宏大的科学考察：西藏综合考察、新疆托尔木峰考察、横断山综合考察、南迦巴瓦综合考察、武陵山综合考察、喀喇昆仑综合考察、南方山地资源考察、三北医学昆虫考察。这一阶段为大发展时期，成果丰硕，取得标本积累和论著成果的双丰收，有许多国家级的重大成果。同时，一些由地方或部门组织的项目逐渐向国家水平靠近，总体研究水平趋于均衡。第四阶段（90年代以后）：进入90年代以后，科学考察再次回落，没有全国性的重大科学考察，只有龙栖山科学考察、三峡库区资源考察和梵净山资源考察等几个地方或部门性项目。这一方面是适应国家经济形势的需要，另一方面也是学科发展的必然，需要在相对停顿中反思，寻求新的突破。

与科学考察同步发展的各类标本馆、博物馆、专类收藏等，也有了长足的发展。我国现有各种博物馆2 000余所，其中涉及生物内容的博物馆或标本馆约500余所。馆藏各类生物标本约3 000万件(份)。中国科学院系统的生物标本馆有21所，馆藏生物标本1 500余万件（份），占全国生物标本馆藏量的50%以上；其中许多标本馆在我国历史悠久，标本馆藏量和馆藏面积为亚洲之首，在世界上有相当的影响。

早在1956年，国务院就将编著《中国动物志》等“三志”工作列入我国科学技术发展远景规划，随后又成立了专门的编辑委员会。中国科学院也长期将“三志”编著工作列为重点支持的科研项目。“八五”期间，《中国动物志》、《中国植物志》、《中国孢子植物志》被列为国家自然科学基金重大项目，得到国家自然科学基金委、国家科委和中国科学院的联合资助，“九五”期间持续这一态势，并被中国科学院纳入创新工程。

经过持续不断的几代人的努力，现已完成约300卷（册）举世瞩目的系列研究专著，如《中国植物志》、《中国动物志》、《中国孢子植物志》、《中国经济动物志》、《中国经济昆虫志》、《中国高等植物图鉴》、《中国植物红皮书》、《中国濒危动物红皮书》等，共获国家、省部级奖16项，为中国生物学的进一步发展做出了重大贡献。

在分类学的理论研究方面，我国专家也取得很大成绩，如施立明对麂属进化的研究、曹文宣和陈宜瑜对裂腹鱼的生物地理学研究、陈世骧对昆虫进化的研究等。

物种多样性的研究以及整个生物多样性

的研究，影响如此之深，涉及的面也如此之广，应得到足够的重视。为了科学地认识地球上的物种多样性，研究物种多样性的时空格局，就要重视研究物种多样性的科学本质，探索物种多样性在大时空尺度下的变化规律，认识物种多样性在多维的生态学和生态地理学空间中的变化及其关联性；在比较精确的数量级上，寻求物种数目估计的科学途径与方法，探索估计我国的物种数量，特别是节肢动物的数量；通过物种数目估测方法与手段的深化与创新，为物种多样性的现状估计、长期监测、濒危物种保护等提供更先进、更可靠的科学基础。

参考文献

中国科学院生物多样性委员会：《生物多样性研究的原理与方法》，北京：中国科学技术出版社，1994。

宋延龄，杨亲二，黄永青（主编）：《物种多样性研究和保护》，杭州：浙江科学技术出版社，1998。

（周红章）

中国生态系统多样性研究（Studies on Ecosystem Diversity in China）

生态系统多样性是生物多样性三个层次之一，是从较宏观的角度去研究生物多样性、生态系统内生境差异以及生态过程变化的多样性。

中国生态系统多样性研究，在90年代随着生物多样性保护和持续利用研究的开展，促进了生态系统多样性研究的开展。建国以来在生物群落方面已开展大量研究，特别是50～60年代以及70年代中后期至80年代的地区性的大型综合考察及生物群落的专项研究已积累了相当丰富的资料。各地生态系统定位研究站的建立及其研究成果和各自然保护区的植被、动物、微生物的调查及其综合考察报告的出版均为生态系统多样性研究奠定了良好的基础。

90年代以来，生态系统多样性研究在全国各地蓬勃开展。首先对生态系统的概念，生物群落的测定方法，物种多样性、丰富度、均匀度指数的计算方法均有不少论文予以介绍，并对区域的陆地生态系统多样性开展研究。对长白山红松阔叶林地区、暖温带落叶阔叶林地区、北亚热带神农架地区、南亚热带鼎湖山、内蒙草原区、高寒草甸区以及鄂尔多斯高原沙地均有较系统的研究。主要研究了区域的森林、灌丛和草地的群落多样性和区域内植物、鸟类、兽类、昆虫、微生物、大型真菌类群的多样性以及各生物群落内的物种多样性。各区域内由于人类活动的影响，如砍伐、放牧等，形成了处于不同演替阶段的生物群落。它们的物种多样性指数随着演替的进展，多样性指数增加，当达到顶极群落，生态系统逐渐稳定，物种多样性指数则有所下降。生物多样性与生态系统稳定性问题始终是生态学界极为关注的讨论的热点，目前尚无定论。通过对中国不同森林区生态系统多样性研究初步阐明，随着纬度降低，物种多样性指数不断增加，优势度指数下降，森林群落多样性趋于丰富。这可从温带长白山，暖温带的小五台山、东灵山、关帝山、伏牛山、宝天曼、秦岭，亚热带的神农架、梵净山、鼎湖山的主要生态系统类型的物种多样性指数测定中得到证实。山区的生态系统多样性与地貌、地形的变化有着密切关系，生态系统中的物种多样性受海拔变化影响明显。海拔的变化实质上反映了山地水热条件的变化。植物群落的物种多样性随着海拔上升而增加，达到一定高度后又逐步减少。在北京东灵山海拔1 000～1 500 m山中，山地森林物种多样性最丰富，在其他暖温带山地亦有同样现象。这可能与人为干扰减少、雨

量增加有关。

热带森林多样性方面，对西双版纳热带雨林植物群落及其区系成分多样性、海南岛吊罗山和五指山热带山地雨林物种多样性也有论文发表。从陆地植物群落多样性梯度变化、地带性森林物种多样性比较、森林片段化对物种多样性影响、中国森林多样性及其地理分布方面，均对生态系统多样性加以讨论。

在淡水生态系统多样性研究方面，对中国的黑龙江、黄河、长江、珠江流域和东部平原湖泊区，东北平原及山地湖区，蒙新、青藏和云贵高原湖区的水生生物类群，包括浮游动物和植物、底栖动物、鱼类及水生维管束植物做了比较详细的叙述。对长江中下游湖泊逆向演替过程中生物多样性变化、人类活动对鱼类小型化影响有较系统深入的研究。在海洋生态系统研究方面，主要对渤海、黄海、东海、南海四大海区的主要生态类群，如浮游动物和植物、潮间带生物、深海底栖动物以及鱼类、红树林和珊瑚礁的物种组成均有所研究。对三亚鹿回头岸礁造礁珊瑚群落结构的现状和动态、南海诸岛及渤海海区生物多样性研究做了较系统深入的研究。生态系统多样性研究今后将成为生物多样性科学的重要组成部分，着重于研究生物多样性的生态系统功能，以及生态系统多样性的动态、监测及保护和恢复。

参考文献

陈灵芝等:《中国生物多样性——现状和保护对策》，北京：科学出版社，1993。

陈灵芝，王祖望:《人类活动对生态系统多样性的影响》，杭州：浙江科学技术出版社，1999。

马克平:《中国重点地区与类型生态系统多样性》，杭州：浙江科学技术出版社，1999。

（陈灵芝）

中国的遗传多样性研究（Studies on Genetic Diversity in China）

遗传多样性是生物多样性的重要组成部分，也是物种多样性和生态系统多样性的基础。广义上讲，遗传多样性是指地球上生物体携带的遗传信息的总和；狭义上讲，则是指种内不同群体间和同一群体内不同个体间的遗传多态性程度。遗传多样性通常的表现形式是群体中遗传变异水平上的差异，即种内变异，它同时包括遗传变异在群体内的分布格局，即群体的遗传结构，所涉及的研究领域包括动物、植物、微生物和人等。发生在生物体内的遗传物质的改变是遗传多样性产生的根本原因。

我国是一个生物资源十分丰富的国家，无论是野生生物资源，还是家养动物、栽培农作物，在世界都占有重要的地位，同时我国也是一个生物遗传多样性受到威胁最严重的国家之一。遗传多样性的研究工作在我国起步较晚，系统性的工作，特别是动植物方面的工作，主要是在1992年中国科学院成立生物多样性委员会，积极推动生物多样性研究之后。“八五”期间，在中国科学院重大项目“生物多样性保护与持续利用的生物学基础”等项目的支持下，对我国一些野生动植物的遗传多样性进行了较为广泛的研究，建立了一系列检测遗传多样性的方法和理论，研究成果集中体现在近年来发表的《中国动植物的遗传多样性》等一系列专著上。中国科学院等单位还相继建立了动物、植物、微生物和中国少数民族等的遗传资源库，促进了我国遗传资源的保护与研究。

在中国人群的遗传多样性研究方面，杜若甫的工作起步较早，是最有代表性的。施立明倡导了动物遗传多样性的研究。在植物方面，洪德元和胡志昂等的工作是典型的代表。

由于遗传多样性表现是多层次、多水平的，因此揭示物种或种群的遗传背景信息就需从不同角度、不同层次上用不同技术方法和手段进行分析。目前国内对于遗传多样性的研究手段主要集中在宏观上的形态学水平、细胞层次上的染色体水平和近年来应用最多的分子水平上。

从形态学或表型性状来检测遗传变异比较直接，简单易行。通常采取的步骤是选取相关性状，确定性状变异的遗传基础，再进行遗传变异的度量和分析。同一物种不同个体间（孤雌生殖、一卵双生、克隆生物体和其他无性繁殖个体除外）基因组存在差异；一些物种，特别是多型种丰富的亚种分化，以及家养动物和栽培作物经人工选育、驯化形成的众多品系或品种，在个体水平上表现为众多的地理和生态群体类型。国内目前收集的各种作物遗传资源总数约达35 万份以上，其中禾谷类20 多万份，豆类5.5 万份，棉、麻、油、糖、烟等经济作物3.1 万份，蔬菜1.8 万份，果树1.1 万份，牧草、绿肥及其他1.5 万份，这些作物种质资源的确定和选取大多是根据其形态和生态类型上的差异。另外，来自同一原种的家养动物在各地形成各具特色的品种和类群约有2 222个（包括特种经济动物和家养昆虫），在繁殖性状、耐高寒、耐劳和对特殊地域的适应性方面表现出很大的差异。

物种的核型特征（即染色体的数目、形态结构及行为特征）都是相对稳定的。发生在物种内染色体数目的整倍性、非整倍性变化以及其结构上的变化造成了染色体多态性。在植物中，染色体的多倍化和数目变异比较普遍。通过杂交获得染色体多倍化在育种过程中使用很多，如我国已将普通小麦与偃麦草杂交获得八倍体小偃麦。我国实验室前期报道的中华地鳖虫、斑羚、穿山甲以及麂属的几种动物核型变化也表明动物染色体数目多态性也较多。另外，在昆虫、植物和一些脊椎动物体内还存在超数染色体即B-染色体多态。染色体多态检测方法除常规核型、带型显示外，还有近年来发展的染色体涂色技术（Chromosome painting），即利用某一物种特异的荧光标记染色体探针同其他物种染色体进行原位杂交以显示物种间同源性的方法，在染色体水平上能揭示出更丰富的遗传多态性。

根据不同基因座位编码的蛋白质或同一座位不同等位基因编码的酶或蛋白质分子所带的电荷上的差异，采用淀粉、琼脂糖等支持介质进行电泳分离，进而鉴别各种基因型的蛋白质电泳技术是遗传多样性检测的一种好方法。由于其操作上比较方便，检测结果比较快速、灵敏，在一些珍稀和受保护的动物如大熊猫、金丝猴、穿山甲、猕猴、懒猴和家养动物如猪、牛、马、鸡等方面做了相当多的工作。中国科学院昆明动物研究所对大熊猫、亚洲黑熊、川金丝猴、滇金丝猴等的同工酶的分析显示了大熊猫在遗传上呈现高度的单态性，而亚洲黑熊在地理群体间和群体内都表现出丰富的遗传分化，在所研究的滇金丝猴和川金丝猴的遗传座位中，检测到的多态性也极低。植物中，目前对野生大豆群体、马尾松、辽东栎、柠条、银杉等也进行了较多的同工酶研究。特别要提到的是对我国各民族人群所进行的研究，通过比较各民族群体的红细胞酶蛋白、血型系统、血清酶蛋白、免疫球蛋白同种异型（Ig allotype）和其他免疫组分以及其他与遗传疾病有关的蛋白多态性，可以很好地比较各民族群体的历史来源和亲缘关系，这方面的研究本身也具有病理学价值。

此外，目前已相继建立了一系列DNA 变异的检测方法，如限制性酶切片段长度多态

性分析（RFLP）、随机扩增多态性DNA 分析（RAPD）、扩增片段长度多态性分析（AFLP）、单链构象多态性分析（SSCP）、变性梯度凝胶电泳分析（DGGE）、DNA 指纹分析、微卫星分析、多重PCR 技术（multipex PCR）和直接序列测定分析等。另外，对于珍稀濒危动物还发展了“非损伤性”DNA 分析、博物馆标本DNA 分析等手段，研究手段已经全面地与国际接轨。应用这些方法，从遗传多样性角度较好地探讨了物种濒危的原因、野生种质资源的保护和中华民族群体的起源、演化等。

通过对线粒体DNA 的RFLP 分析进而分辨出单倍型在人群、家养动物、鱼中有较多报道。另外，通过PCR－RFLP 检测人群中与疾病相关基因多态性所做的工作也很多。RFLP 同时也是作物野生近缘种遗传多样性研究和检测的一种较好的方法。RAPD 技术已广泛地应用于检测植物群体的遗传多样性，尤其是检测栽培种与其野生近缘种以及栽培种之间遗传上的差异，目前对甘蔗、粗山羊草、银杉、青杨、牡丹花、辽东栎、锦鸡儿属植物等做了较多的研究。动物方面对牛、鸡、鹅、按蚊、绒毛蟹等，真菌方面对冬虫夏草等也有报道。由于RAPD 的稳定性不够好、重复性也不十分理想，目前应用和报道已渐少。

根据扩增的微卫星DNA 片段来检测多态性在目前的人类学研究中和谱系、亲子鉴定中以及家养动物QTL 基因定位中使用较多，如金力等对我国主要民族人群的Y 染色体和常染色体上微卫星位点的研究工作表明，我国南方民族群体比北方民族群体具有更高的遗传多样性，北方群体可能起源于南方。SNP（单核苷酸多态）分析则是新近受到人们关注的重要方法，在人类遗传多样性研究中已得到应用，例如，用于分析动物如灵长类遗传多样性的研究。

中科院昆明动物所对我国主要民族人群的线粒体DNA D-环高变区序列的分析表明，各民族群体的遗传多样性存在一定的差异，中华民族群体的南北分群现象可能源于其早期的起源和分化。南方群体可能比北方群体要古老，这与微卫星标记的结果比较吻合。另外，对我国主要地方猪种、绵羊品种、鲫鱼、大熊猫、金丝猴、坡鹿等家养或濒危动物也进行了较系统的线粒体DNA D-环序列分析。植物方面，分析测定较多的序列主要有叶绿体DNA 序列、核DNA ITS 序列以及其他一些重要功能基因序列，通过分析来自DNA 序列的信息，较好地解决了一些物种分类地位上的争议，同时也可阐明一些物种内部遗传多样性的丰富程度。

我国的遗传多样性研究近年来虽然取得了长足的进展，但与国外相比，差距还较大，主要体现在：研究的类群不是很多，而且系统性和深度都不够，许多工作主要着眼于一点上，未能从多角度、多层次来揭示物种或种群的遗传多样性；其次是所使用的方法都是从国外引入的，创新性不足；另外，在种质资源的保护和管理上也存在一些问题，许多物种在我们还未研究之前就已濒危或灭绝。随着全社会对生物多样性重要性的认识不断提高，必将促进我国遗传多样性的研究。

参考文献

胡志昂，张亚平主编：《中国动植物的遗传多样性》，杭州：浙江科技出版社，1997。

董玉琛：中国作物遗传多样性的保护和持续利用，见：钱迎倩，甄仁德主编：《生物多样性研究进展》，北京：中国科学技术出版社，1995。

《中国生物多样性国情研究报告》编写组编：《中国生物多样性国情研究报告》，北京：中国环境科学出版社，1998。

陈宜瑜主编：《生物多样性与人类未来》，北京：

中国林业出版社，1998。

许智宏主编：《面向21世纪的中国生物多样性保护》，北京：中国林业出版社，2000。

（姚永刚　张亚平）

中国生物多样性信息系统研究

(Studies on Biodiversity Information System in China)

生物多样性信息系统，是综合利用信息技术（如数据库技术、地理信息系统技术、多媒体处理技术、计算机网络技术）等现代化手段，收集、处理、保存和发布生物多样性研究的基础数据和信息的计算机系统，通常由数据库、图形库、模型库和专家系统库等部分组成。根据所管理的信息内容，生物多样性信息系统可以分为：生物多样性编目信息系统，包括物种编目和生态系统编目系统，分别收集和保存物种和生态系统的分类、特征、分布等数据；生物多样性监测信息系统，包括物种、群落和生态系统监测系统，分别收集和保存定点或定对象长期动态监测的数据；迁地保护信息系统，包括植物园、动物园、水族馆、菌种库等为管理和记录活体生物的引种、繁殖和保护等目的而建立的信息系统；生物标本信息系统，收集和保存动物、植物和微生物标本的采集、鉴定、保存、交换以及标本的形态描述数据；种质资源信息系统，收集和存贮农作物、水产品和林木的不同品种资源的特性、繁殖、形态、保存等各种遗传信息。

中国生物多样性信息系统的研究开始于1992年。中国科学院“八五”重大项目“中国生物多样性保护及持续利用的生物学基础研究”中设立了“中国生物多样性信息系统的初步建立”课题，负责人为汪松、傅立国和李典谟。项目完成时，由中国科学院动物研究所和植物研究所共同建立了中国动植物物种编目数据库、中国动植物濒危物种数据库和中国生态系统编目数据库，对物种濒危机制的分析和评价方法进行了研究，初步建立了朱鹮栖息地生态环境地理信息系统和朱鹮生活习性多媒体演示系统。1993年启动的国家“八五”计划“中国生物多样性保护生态学的基础研究”中，设立了“中国生物多样性信息系统的补充与完善”课题，负责人为高琼和纪力强。在该项目中，中国科学院植物研究所和动物研究所完成了“中国生物多样性信息系统的总体设计”，建立了几个示范性的生物多样性群落和生态系统的分析模型以及一个用于生物多样性保护的决策支持专家系统。除上述几个数据库系统外，从1994～1998年期间，中国科学院下属的研究所先后建立了中国自然保护区数据库系统、植物园引种数据库、中国生态信息系统、中国经济植物数据库、植被图库、菌种保藏数据库等生物多样性信息系统。1997年前后，国家环境保护局南京环境科学研究所建立了中国自然保护区多媒体演示系统，中国林业科学研究院建立了中国自然保护区地理信息系统。自1997年起，中国科学院生物多样性委员会每年拨出专款，支持中国生物多样性信息系统（CBIS）的建设。截止到1999年底，共建成了30多个数据库系统，拥有约40万条记录，其中大部分可以在网络上动态检索。

建立生物多样性信息系统通常要经过以下几个过程：

1. 确定系统目标及参与建设的有关机构：必须提出一个明确的系统建设目标。

2. 用户需求分析：信息系统的研究建设者与系统的使用者相互交流，产生“系统功能说明书”。“系统功能说明书”详细地列出了原始数据的内容、格式和来源。

3. 系统设计和实施：生物多样性信息系统的开发方法与其他信息系统一样，主要分

为两大类：一是结构化的开发生命周期方法，把软件开发过程分成需求分析、设计、编程、调试、运行维护等阶段，分步进行，尽量减少重复劳动，中心问题是做出系统的实体—联系模型；另一类是原型方法，它以循序渐进分步完成的设计思想及阶段性重复的方法开发系统，在进行需求分析后，在短时间内构造一个数据库的结构原型，提供给开发人员和用户评价、使用，用户可以立即直观地看出未来数据库的使用方式和功能是否符合他们的原意。

4. 运行和维护：在系统运行和维护阶段开始时，首先应当做好两件事情：生物多样性研究离不开基础性的数据积累，生物多样性保护离不开及时准确的科学数据和科学的分析评价。通过对中国生物多样性信息系统的研究，可以为国家各级立法、执法和监督机构提供生物多样性保护和持续利用领域的基础科学数据和分析报告，从科学的角度支持有关生物多样性保护和持续利用的决策；可以向社会大众普及生物多样性科学知识，提高全民族保护生物多样性的意识；可以为相关研究领域的科学家服务，收集和保存基础性和背景性的研究数据，促进国内外的学术交流。中国生物多样性信息系统的建立，为我国生物多样性保护和持续利用起到了积极的促进作用，为我国履行《生物多样性公约》提供了一个科学的工具。

中国生物多样性信息系统未来的发展，将是多学科的进一步结合以及高新技术的综合运用，主要体现在以下几个方面：1. 新的生物多样性状态分析和评价方法不断推出并在生物多样性信息系统中实现，为保护和利用提供直接的辅助工具；2. 计算机高速网络的发展使生物多样性信息系统向更加分散和更加集中两个方向发展，使系统维护和数据查询更加方便；3. 数据仓库技术和人工智能知识发现技术的成熟为保护生物学研究提供了新的途径，可迅速提高这一新兴科研成果的产出效率。

参考文献

纪力强：中国生物多样性信息系统数据字典和元数据标准，见：中国21世纪议程管理中心：《中国地理信息元数据标准研究》，北京：科学出版社，101～114，1999。

纪力强：中国生物多样性信息数据管理指南，见：国家环境保护总局：《中国生物多样性数据管理与信息网络化能力建设》，北京：中国环境科学出版社，67～135，1999。

纪力强：生物多样性信息系统建设的现状及CBIS简介，《生物多样性》，8（1）：41～49，2000。

（纪力强）

海洋生物多样性研究 (Studies on Marine Biodiversity)

海洋生物多样性是指生活在海洋中的动物、植物、微生物的总和，包含其遗传和变异，以及它的生态系。海洋占地球表面积的71%，拥有最大空间和最大资源，支撑着人类生存与发展的希望，是地球生命系统的一个基本组成部分，并有助于实现海洋生物可持续发展的宝贵财富。

一、中国海基本特点

中国海域辽阔，在大陆东面和南面，环绕着渤海、黄海、东海和南海。四海相连，并与西太平洋相沟通，形成北东—南西向的弧形，四海都是北太平洋西部的边缘海。四海的特点是：1. 从北到南跨越大，达38个纬度带，即从北纬41°的温带，穿越亚热带，到达北纬3°近赤道水域；2. 拥有漫长大陆界线，北从中朝边界鸭绿江起向南延伸到达中越边界的北仑河口，共有1.8×10^4km；3. 海岸类型复杂，有沙滩、泥沙滩、泥滩、岩礁、红树林等多种海岸；4. 沿海岛屿5 000多个，有著名

的长山群岛、舟山群岛、澎湖列岛、万山群岛，在南海还有由珊瑚礁构成的东沙、中沙、西沙和南沙群岛，岛屿岸线长达1.4×10^4 km；5. 海域面积$4.72\times10^6 km^2$，其中有$3.00\times10^6 km^2$属中国管辖，约占大陆面积1/3左右；6. 从大陆注入四海的河川有1 500条，其中著名的有黄河、长江和珠江，分别流入渤海、东海和南海，年总径流量达$1.8\times10^{12} m^3$，它们携带大量营养物质，肥育了沿海水域，同时也加大了污染的负面影响；7. 在长江、珠江等大河口的三角洲，形成了经济发展重点区，对自然景观及河口经济种类的保育造成严重的威胁；8. 海底地形、地貌复杂，如渤海和黄海，都在陆架范围之内，东海具有较广阔的陆架，但南海北部陆架较狭，其南部属世界著名巽他陆架的北区，南海还具有宽广的达数千米深的深海盆，在菲律宾巴拉望岛以西，还有南沙海槽，海盆内发育有众多耸立海底高低不等的海山，在台湾东北沿海有海底热喷泉；9. 潮汐类型复杂，有全日潮、半日潮和不规则潮，潮汐影响着沿海生物昼夜周期的变化；10. 四海的沉积物、水文气象和生物等因素均受大陆气候、径流、季风的显著影响。

二、中国海洋生物多样性的研究

中国海洋生物多样性的研究，包括物种多样性、遗传多样性和生态系统多样性三个主要内容。因启动迟早，参与人员多少，经费、设备投入不同，故这三个内容研究的深浅和成果，有较大的差距。

中国海洋物种多样性是海洋生物研究最早的领域，至今已有近80年的历史。20世纪20年代有国内外学者在中国海进行零星分散的研究，30年代学者集中在厦门、青岛等沿海开展较多的调查，50年代末期开展全国海洋综合调查和一系列海洋资源的调查。在此基础上着重开展了海藻、原生动物、腔肠动物、软体动物、甲壳动物、棘皮动物、环节动物、鱼类、海兽等的系统研究，出版了一批中国学者研究的海洋生物专著。1994年由黄宗国主编，40个单位、132位学者参加编审的《中国海洋生物种类与分布》专著出版，阐明了中国海现已记录的20 278个物种，为中国海物种多样性的研究奠定了基础。中国海物种多样性的研究，可归纳为以下特点：1. 从门的等级看，已记录了原核生物界4个门、原生生物界7个门、真菌界3个门、植物界6个门、动物界24个门。研究中尚缺有板动物门（Placozoa）、颚咽动物门（Gnathostomula）、铠甲动物门（Loricifera）、须腕动物门（Ponogophora）和腹毛动物门（Gastrotricha）。2. 物种多样性变化表明，北方海区生物多样性低、个体数多，而南方海区相反，总的趋势是由北向南递增，这与所在海区流系扩大或缩小及其变化有关，例如东海外缘系来自黑潮流系，其流区内物种多样性指数远高于东海沿岸区。3. 中国海区物种多样性中，有地方种的存在，如在河口区的中华鲟（*Acipenser sinensis*）、中华假磷虾（*Pseudeuphausia sinica*）、中华异水蚤（*Acartiella sinensis*）等都是中国海的地方种，最近在中国海发现的歪水蚤属（*Tortanus*）在记录的12种中，有一半以上是地方种。4. 中国海物种多样性的高低变化，常受气候带和流系所制约，水温的变化常影响到生物分布范围，如印度—西太平洋底栖性暖水种，向北分布仅到达平潭，而温带种类一般不越过平潭向南扩布，这对适应狭温种类而言，具有指标的作用。在雷州半岛以东到福建厦门都有石珊瑚分布，由于水温等多种因素影响不能构成珊瑚礁，但在台湾南部垦丁，就存在大片的珊瑚礁；红树植物物种多样性的分布也有类似情况，向北分布到浙江南部有人工种植的秋茄（*Kandelia*

candel）等少数红树植物。

在我国海洋生物遗传多样性方面工作较早的是人工栽培海带、紫菜和裙带菜，它们像陆上农作物一样，可根据人们的需要，改变它们的遗传特性，创造新型的栽培作物，选育高含碘、肉质厚、宽而长的高产品种。但海洋动物方面起步较晚，如对野生分隔的群体，尚未探讨其种内基因的变化。目前已在贝类方面开展分子水平上的研究，可望取得较好的进展。

生态系统多样性的研究对象，根据中国海域实际情况，可划分出沿海生态系统、河口生态系统、上升流生态系统、珊瑚礁生态系统、红树林生态系统和深海生态系统等，它们有各自的特点，直接影响着海洋生物多样性和开发的力度。我国的研究多集中在沿海环境生态等诸多方面。

三、海洋生物多样性研究的作用、意义和影响

海洋物种多样性研究的深入，将会对国计民生产生积极作用和重大意义。例如海洋农牧化的兴起，对振兴沿海渔业可持续发展已带来显著效益，但如果不重视微生物、病毒以及致病生物物种或种群多样性及其复杂关系的研究，将会导致渔业的衰退；海产动植物、微生物是新药研制的重要来源，现已从腔肠动物、甲壳动物、鱼类、棘皮动物、海藻中提取大量有用的物质，将来还会有更多的产品；生态系统的平衡和良性循环是保护海洋环境的重要前提，因此加强生物多样性关键种的监测，对防止突发性灾害的发生，具有深远的意义。

四、海洋生物多样性发展趋势

1.《中国21 世纪议程》第15 章为生物多样性。这是国家颁布生物多样性保护的纲领性文件，有明确的方针、政策、目标和行动，并由各部委实施专业管理。海洋生物多样性的研究应该在这个总目标之下，积极、全面、有序地开展海洋生物多样性的研究和持续利用。2. 目前全球海洋生物约15 万种，中国海洋生物种类1994 年发表了20 278 种。这个数字是 80 多年来海洋生物资源调查汇集的结果，它是中国现有海洋生物多样性的研究基础，但与全球海洋生物数相比，还不到1/7，相差甚远，而且我国海区有一部分在黑潮流区及印度—西太平洋区中的印度—马来亚区，其物种应是异常丰富的，加上国内外学者对我国的物种研究工作，较多集中在鱼类、软体动物、甲壳动物等一些较大类群方面，而对其他类群涉及不多，特别是微藻、寄生虫和线虫等。今后国家仍需支持生物资源调查中物种的发现、编纂、整理等工作，将生物多样性信息系统建立在扎实的科学数据基础上，然后在有条件的渔业捕捞区或养殖渔业区，对现在正被开发利用的对象或已衰退到丧失经济价值的种类，开展动态变化研究，了解它们受自然或人类活动干扰后的恢复过程，例如目前对福建、广东沿海中华白海豚的监护研究，可为制定海洋生物多样性保护提供理论依据。3. 应重视一些尚未利用类群的研究与开发，它们不限于海产食品价值，还有其他潜在利用的可能性，例如海洋真菌和细菌在工业上以及生物控制等重要领域的应用都有待研究和探索。4. 必须加大力度对河口生态系统、红树林生态系统和珊瑚礁生态系统的调查，着重物流和能流方面的研究，促进理论提高及有效地保护和持续发展。

参考文献

陈灵芝：《中国的生物多样性》，北京：科学出版社，1994。

黄宗国：中国海物种一般特点，《生物多样性》，2（2）：63～67，1994。

陈清潮：中国海洋生物多样性的现状和展望，

《生物多样性》，5（2）：142～146，1997。

（陈清潮）

中国生物多样性保护行动计划（Action Plan for Biodiversity Conservation in China）

全世界的生物多样性正面临着严重的威胁与破坏，保护问题已引起全球各国的广泛关注。1992年在巴西里约热内卢召开了联合国环境与发展大会，并通过《生物多样性公约》。早在环境与发展大会之前，全球环境基金（GEF）就资助有关国家和地区编写《生物多样性保护行动计划》。中国是在印度尼西亚之后，被认定资助作《行动计划》的第二个国家。从1992年开始，在世界银行和联合国开发规划署支持下，在世界银行科学顾问Lee Talbot等几位国外专家配合下，由国家环境保护局牵头，组织了农业部、林业部、海洋局、建设部、国家科委、计委、财政部、公安部以及中国科学院等单位及一批科学家，经过两年多的讨论、草拟和修改，在1994年春完成了《中国生物多样性保护行动计划》。

《行动计划》是以《生物多样性公约》的精神和原则为指导，从中国的国情出发，在充分利用已有资料和考虑中国的社会和经济发展现实以及生物多样性保护现状的情况下编写而成的。《行动计划》由四部分组成，主要内容如下：第一章，对中国生物多样性的现状进行了全面分析与评估，总结了中国生物多样性丰富度、开发利用、受威胁程度及加强保护的紧迫性。第二章，对就地和迁地保护、政策法规、机构体制、科学研究、教育培训、国际合作等现有保护措施进行系统论述和分析。第三章，对物种和生态系统直接保护的具体行动进行介绍。将生物多样性保护的目标及任务分解成目标、行动和优先项目三个层次，并做了详细阐述。共确定了七项目标，包括强化中国生物多样性的基础研究、建立和完善中国自然保护区网络、确定和规划对生物多样性有重要意义的野生物种的保护、规划栽培作物和家畜遗传资源的保护、评价野生物种在保护区外的就地保护、建立全国范围的信息和监测系统、寻求生物多样性保护和持续利用的方法手段。第四章，对支持直接保护行动所需的措施做了论述，包括立法和政策保证、组织措施、科学研究、技术推广、宣传教育、资金渠道和国际合作等七类支持措施。

这个《行动计划》将成为中国生物多样性保护行动的纲领性文件，对推动全社会保护我国丰富、特有的生物多样性具有重要的指导意义，也是中国政府履行《中国生物多样性公约》国家方案的重要组成部分。

（钱迎倩）

中国生物多样性国情研究报告

(China's Biodiversity ：A Country Study)

根据《生物多样性公约》的要求和国家生物多样性保护工作的需要，中国政府在完成了《中国生物多样性保护行动计划》后，在联合国环境规划署支持和全球环境基金（GEF）资助下，于1994年末着手编制了《中国生物多样性国情研究报告》（以下简称《报告》）。《报告》的编写是由国家环保局牵头，在国务院下属的外交部、科委、计委、教委、财政部、建设部、农业部、林业部、中国科学院、海关总署、专利局、海洋局及中医药管理局等13个部门组成的中国履行《生物多样性公约》工作协调组的组织领导下，用两年半的时间完成，于1998年正式出版。参加编写和评审工作的有80余位专家。

制定《报告》的目的是：大量收集中国生物多样性及其受威胁情况和与此相关的经济、社会等方面的资料；对已采取的保护措施进行评价，鉴别其中的不利影响，提出加

强保护和持续利用的政策建议；按《生物多样性国情研究报告指南》提出的生物多样性价值类型，估算中国生物多样性的价值，测算出中国为保护生物多样性已支出的、未来所需的以及为履约新增的全部额外投资。

《报告》共分七章：第一章，引论；第二章，中国的自然和社会经济条件；第三章，中国生物多样性现状及其受威胁情况；第四章，中国保护和可持续利用生物多样性已采取的措施；第五章，中国生物多样性经济价值评估；第六章，中国生物多样性保护和可持续利用的国家能力建设；第七章，中国保护和持续利用生物多样性的成本估算与效益分析。除正文外，《报告》还包括7个附录，其中附录4，中国特有及受威胁被子植物和脊椎动物名录；附录5，中国与世界物种数量比较表；以及附录6，法制建设和保护设施，都为国内各领域的专家分别撰写，具重要的参考价值。此外还附有地貌类型、气候区划、土壤区划、植被区划、动物地理区划以及人口密度分布等6个附图以及国家珍稀、濒危及保护动植物的照片89幅。

《报告》的编制，为制定政策、实施行动计划、开展国际合作提供了指导和依据。《中国生物多样性保护行动计划》是一个行动计划，而《中国生物多样性国情研究报告》是一个基础性的研究和经济方面的评估，二者互为补充，最终达到更好地保护和持续利用中国生物多样性的目的。

（钱迎倩）

淡水生物学

（Freshwater Biology）

淡水生物学是水生生物学学科里研究内陆水域中的生命现象的一门分支学科，与它对应的分支学科是海洋生物学（Marine Biology）。鉴于内陆水域绝大多数属于淡水性质，所以内陆水域的生物学研究常被简称为淡水生物学。早期的淡水生物学基本上是淡水生物的分类检索和形态特征。美国1918年出版Ward 和Whipple 的《淡水生物学》名著，对北美的淡水动植物区系做了比较系统的阐述。自40年代Lindeman 的水生生物营养动力学（Trophodynamics）理论发表以后，淡水生物学就越来越跳出原来水生动物、植物和微生物分类学的圈子和分割研究的格局，而趋向于以生态系统的概念作为指导原则来研究各类淡水生物在水域生态系统的结构和功能中所起的作用，也就是说越来越突出其生态学意义。我国淡水生物的分类、区系、形态、生理等方面，无疑还有大量的研究工作要做，但是淡水生态学作为淡水生物学的主攻方向，既是可持续发展战略的需要，也与国际科技发展趋势相一致。

1. 淡水生态学的基本概念

淡水生态系统　淡水生态系统是指一定水域内所有的生物（即生物群落）与它们的理化环境相互作用，通过物质和能量流共同构成的具有一定结构与功能的统一体。生态系统的非生物成分包括：气候条件（温度、光照及其他物理因素），参加物质循环的无机物质（C、N、P、CO_2、H_2O 等），以及联系生物和非生物的有机化合物（蛋白质、碳水化合物、脂类、腐殖质等）。生态系统的生物成分依其生态功能可以分为：生产者（主要指浮游植物和水生高等植物），消费者（包括浮游动物、底栖动物、鱼类等），以及分解者（主要是细菌和真菌）。淡水生态系统的结构，不仅依静水栖息地与流水栖息地的不同而有不同的特征，而且同一类型的各种栖息地之间往往也有明显的差别。

淡水环境　水是地球上广泛分布的物质

之一。据估计，地球上的水量共约1.37×10^{10} km^3，其中97.6%的水积蓄在海洋，余下的分布在两极冰冠、冰川、地下、内陆水体、土壤和大气中。内陆水体的水量仅占地球总水量的0.016%，其中淡水水体的水量占55%，盐湖和内陆海的水量占45%。地球各部分的水量分布，是通过由降水、径流和蒸发所构成的水循环而维持相对稳定的，内陆水体在这一循环中起着重要的作用。

淡水生物群落　生活在淡水栖息地的各类生物，通常分布在不同的空间层次和占据着各自的生态位，彼此之间存在着复杂的相互关系，这些生物种群的集合体，被称为生物群落。在生态学研究中，淡水生物群落主要是指一个水体或生境中生物种群的集合体，但是往往也采用一些规模较小的群落单元，如浮游生物群落、底栖生物群落、周丛生物群落等。由于淡水栖息地及其生境的多样性，淡水生物的生态类群和群落结构是相当复杂的。

生态系统的演替与平衡　生态系统的发育，即通常所讲的生态演替，是指一定区域内连续进行的前一群落被后一群落所替代的变化和发展过程。演替起因于系统内生物对环境的改变、外来种的入侵等生物学过程，或者起因于气候变迁、土壤侵蚀、河流泛滥、环境污染等外部力量，或者是由这两方面的因素共同作用的结果。演替过程中依次出现的一系列群落构成一个演替系列，其中早期、比较短暂的群落属于先锋阶段，相继出现的群落属于发育阶段或演替阶段，而最终形成的稳定系统称之为演替顶极。演替是群落发育的有序过程，这一过程基本上是定向的，因此通常是可以预测的。

几十年来，由于人类经济活动的影响，大量的淡水水体出现污染或富营养化，致使人类的生活和生产用水受到严重威胁，淡水生物资源遭到极大的破坏。因此，加强对淡水生态系统的保护，采取有效措施防治水体污染或富营养化，已成为关系到人类生存和社会经济发展的一个重大问题。在水体富营养化治理的过程中，通过采取污水截留、换水、挖泥等措施，已经在不同程度上收到了使水质改善的效果。实践证明，只要减少或停止外源营养物的输入，就可以大大延缓水体富营养化的进程，甚至可以使富营养化水体向贫营养化方向发展。为了满足人类对洁净水的迫切需要，应当深入研究淡水生态系统的结构与功能，以及演替与平衡的规律，从而实现对淡水生态系统的最优化管理。

2. 20世纪我国淡水生物学研究

我国淡水生物学研究始于20年代，但解放前国人从事研究者不多。研究工作主要集中在形态分类，淡水生态工作则更少。淡水原生动物调查自1927年起，由王家楫、倪达书在南京，戴立生、高尚荫在北京分别进行，主要集中于纤毛虫，时有新属新种发现。之后王家楫、倪达书还在肉足虫，张奎在眼虫的调查中均有新种发现。戴立生还曾研究过不同光线、温度与双鞭毛虫生存与变异的关系。王家楫研究了淡水池塘中原生动物之季节消长。我国在淡水轮虫方面的第一篇调查报告是1937年李落英的“中国北京轮虫名录”，这是一篇比较完整的分类报告，共描述了一百多种轮虫。在淡水枝角类方面仅有1939年陆鼎恒和张玺、1945年易伯鲁在云南的调查报告。淡水桡足类方面最早的是1929年李希杰报道的北京10种剑水蚤，之后1931年秉志在南京，张玺、易伯鲁在云南做了调查工作。在淡水鱼类研究方面，最早从事研究的我国科学家是寿振黄，他在1927年与Everman合作发表了《华东鱼类志》。1931年朱元鼎著《中国鱼类索引》，收集国产鱼类1 497种。方炳文于1928～1939年致力于西

南地区激流中平鳍鳅类之研究。林书颜于1933～1935年调查广东及中国其他省份所产鲤科鱼类。张春霖研究了长江流域所产鲤科鱼类的新种属，发现颇多。除形态分类工作外，刘建康于1941年调查鲤鱼产卵场的水质，1942年研究渗透压改变与斗鱼鳃叶氯化物分泌细胞产生之影响，这些工作开创了环境影响鱼类形态、生理研究之先河。

新中国成立以来的淡水生物学研究以湖泊方面的研究为多。对湖泊的生物学研究可追溯至50年代初伍献文主持的江苏省五里湖的湖泊学调查。1951年中国科学院水生生物研究所刚成立不久，就立即开展了由饶钦止主持的长江中、下游及淮河流域612个湖泊的调查。在浮游动物方面，王家楫在广泛调查的基础上，1961年出版了《中国淡水轮虫志》；在枝角类方面，蒋燮治等对江苏五里湖、浙江东钱湖、湖北武昌东湖及青海、新疆与珠穆朗玛峰地区，中国科学院动物所沈嘉瑞等对鸭绿江水丰水库、西藏、北京及河北白洋淀，华东师范大学堵南山等对江苏太湖等地进行了全面系统调查；在桡足类方面，以中国科学院动物所沈嘉瑞为首的甲壳动物研究小组自1955年起收集了除台湾省以外的各省、自治区的标本。我国淡水生物学初期的工作主要是各类动物、植物的区系、分类学研究及个体生态学观察，目的在于摸清湖泊中水生生物资源的"家底"，以资开发利用。中国科学院水生生物研究所1954年从上海迁至武汉后，首先对湖北省梁子湖，接着对长江干流上、中、下游的鱼类生态进行调查研究，分别在湖北梁子镇、四川木洞、湖北宜昌和江苏崇明设立工作站进行长年采集调查。通过以上这些工作，获得了关于鱼类和淡水生物学大量的和系统的第一手资料，在70年代先后写出了《中国动物志》中的相应分册和《长江鱼类》，也为而后论证葛洲坝和三峡大坝的建设对鱼类和其他水生生物的生态影响提供了科学依据。

50年代中期起，开始对武汉市东湖进行水生生物生态学研究，迄今已逾40年。70年代进行东湖渔业增产试验与生物生产力的研究，遵循生态学原理，采取以下五项综合措施：合理利用饵料生物资源，调整放养种群；利用大小湖泊，培育大规格鱼种；掌握逃鱼规律，改进拦鱼设备；控制凶猛鱼类，减少鱼种损失；实施驱集渔法，提高捕捞效率。这些措施使东湖的鱼产量从1971年试验开始前的180吨猛增到1978年试验结束时的800吨。水体生物生产力研究方面，继1956～1957年、1962～1963年和1973～1975年饶钦止、章宗涉三次对东湖浮游植物初级生产力的调查之后，王骥、沈国华分析了1973～1977年东湖浮游植物初级生产力与主要生态因素的关系，这是国内对浅水湖泊初级生产力的首次系统研究，发现东湖浮游植物生产力显著增高，最高日产量达5.0～8.0 g O_2/m^2，水柱年产量达876～1 171 g O_2/m^2，比1963年增加了50%左右。晴天，最高生产层常出现在水下0.5倍透明度的水层，此处光照强度约为500～15 000 lx，补偿深度常为透明度的2.5倍。水柱日产量（y）与透明度（x）的关系为：$y=172.4x^{-0.776}$。初级生产量全年只有一个高峰，常出现在7～8月份，生产量（y，g $O_2/m^2/d$）与水温（x,℃）的关系为$y=0.17x^{-0.22}$。无机磷是东湖初级生产力的主要限制因素。浮游植物的生产量（y，g $O_2/m^2/d$）与自身叶绿素a的含量（x，μg/L）之间的关系为：$y=0.28x+0.96$。浮游植物的生产量与生物量之间常表现出正相关，单位水面下浮游植物全年的P/B系数为347。浮游植物对总辐射能的利用率为0.34%～0.40%。关于用浮游植物初级生产力估算东湖鱼产潜力的问题，按照王骥、梁彦龄的算式测算，郭

郑—水果湖区面积以12 km^2 计，该湖区仅靠湖水中现成的浮游植物每年可产鲢、鳙967吨。考虑到浮游动物与有机碎屑尚能使鲢、鳙产量再增加30%以上，则该湖区每年至少可产鲢、鳙1 257.1 吨。如其他种类的鱼能占鱼类总产量的10%，则“郭郑—水果湖区的鱼产潜力将可达1 400吨左右”。实际上，1992年该区的鱼产量已达1 450吨，1993 年达1 600吨，1994 年达1 650吨，1995 年高达1 840吨，说明用浮游植物的初级生产力来估算浅水湖泊中滤食性鱼类的产量是可行的。

1980 年饶钦止、章宗涉发表了“武汉东湖浮游植物的演变（1956～1975）和富营养化问题”一文，引起水生生物学者和环境科学工作者的注意。文章总结了上述20 年间在东湖两个代表性采样站的浮游植物群落生态学的主要变化（包括数量、种类组成、优势种类、多样性指数和初级生产力）。藻类的年平均总数在20 年内由每毫升几百个增为几千个。由甲藻和硅藻占优势逐步转变为以绿藻和蓝藻占优势，蓝藻中的大型种类明显增加。年数量变动曲线原来呈春季和秋季两个高峰，但60 年代后，已变为夏秋季的一个蓝藻高峰，而且数量大，延续时间长。浮游植物的年初级生产量和日最高初级生产量也有明显增加。文章以浮游植物群落的生态学变化作为主要指标，结合其他因素，对东湖的富营养化过程进行了生物学评价，并从环境保护角度，根据浅水湖泊在利用上的特点，提出了关于防治东湖这样一个多用途（供水、游览、渔业）水体的富营养化的一些设想和建议。

80 年代东湖的研究，是围绕着东湖生态系统的结构和功能进行的。东湖营养物质氮和磷的主要来源，被查明是大量的生活污水和工业废水。刘建康等提出对两种浮游生物（铜锈微囊藻和隆线溞一亚种）有机碎屑的形成过程和这两种碎屑在鲢、鳙营养中的作用的质疑。这意味着历年东湖中大量鲢、鳙的茁壮成长，还得依赖于活体浮游生物。有关东湖鲢、鳙营养和其他方面的研究有：鲢、鳙鱼种对透明溞的消化利用；东湖中浮游植物与鲢鱼相互作用的量的评价；东湖鲢、鳙生长的几个问题的研究；鲢、鳙鱼种在夏季天然条件下的摄食强度；东湖鲢、鳙周年摄食强度的研究；鲢和鳙在高温季节氮平衡几个参数的测定；用浅水湖泊型鱼探仪估算鱼群数量的研究；东湖鲢、鳙夏季游弋活动的遥测。

为了计算浮游动物的生产量，需要应用统计方法获得某种浮游动物不同体长组的体长—体重回归方程式，这方面的工作有东湖的优势种透明溞和隆线溞一亚种上述方程的制定，21 种淡水桡足类生物量的测算，简易测重法在武汉东湖轮虫常见种中的应用，11种淡水常见枝角类体长—体重回归方程式等。关于水生维管植物初级生产力的测定，有实验室内对马来眼子菜等东湖11 种沉水植物生产力的研究等。次级生产力方面，浮游动物生产力的研究有东湖透明溞和隆线溞一亚种年生产量的测算，东湖桡足类生产量的研究，东湖短尾秀体溞的生产量、东湖萼花臂尾轮虫生产量和东湖针簇多肢轮虫的生产量的研究；底栖动物方面有东湖苏氏尾鳃蚓年生产量和东湖铜锈环棱螺年生产量的测算。对东湖浮游细菌的次级生产力也进行了初步的估算。

90 年代东湖的工作着眼于与富营养化有关联的研究，如湖水中颗粒物质的组成，东湖生态系统中浮游生物的营养结构，鲢、鳙在东湖生态系统的氮、磷循环中的作用，东湖沉积物中氮和磷的释放试验，磷循环在东湖藻类的代谢和演替中的作用，东湖磷细菌种群结构的研究，东湖中磷的现状，东湖中碱性磷酸酶活力的短期动力学研究，东湖异

养细菌群落的分类结构和聚类分析，东湖湖水中浮游细菌生物量的计算机辅助测定，湖泊和地下水中异养细菌群落及其生理特征的比较研究等；但是研究的重点还是放在鱼类的放养对湖泊生态系统的影响。大量放养草鱼造成水生植物群落的毁灭性冲击，从而影响包括水质在内的整个东湖生态系统的结构与功能已是不争的事实，那么，鲢、鳙的大量放养，尽管不需投饵，对湖泊生态系统会有什么样的影响，理所当然地引起人们的关注。这方面的研究，有人类经济活动对东湖生态系统的影响，养鱼对东湖生态系统的影响，鲢、鳙对东湖浮游植物群落的影响及对浮游动物群落结构的影响，鱼类放养对湖泊富营养化影响的评价等。中外学术界多数人认为投饵式的养鱼会导致或加速水体富营养化的进程，但也有主张放养食鱼性（“凶猛性”）鱼类以控制滤食浮游生物的鱼类，从而壮大浮游动物群落，再借助浮游动物去遏制藻类水华的“生物操纵论(Biomanipulation)”学说。1989年在荷兰举行的首次生物操纵讨论会上，Lammens等在会议总结报告的摘要中指出：“浅水湖泊一般对生物操纵措施反应较快…… 所获得的效果能维持两个或两个以上的夏季。为了能保证措施的成功，看来把几乎全部（吃浮游生物的）鱼类移除是必不可少的，而且在许多场合中食底栖生物的鱼类的移除似乎比食浮游生物的鱼类的移除更为重要。”从该讨论会的总结来看，典型的“生物操纵”措施很难说是有效和可行的。

淡水水体富营养化，最令人憎恶的一个表征是蓝藻水华的出现。当湖里出现水华时，水面被厚厚的一层蓝绿色的水华所覆盖。构成水华的蓝藻群体大量孳生，接着又大量死亡，死亡的藻体在分解过程中散发出令人难以忍受的恶臭。分解过程的同时大量消耗水中溶解的氧气，造成大批鱼类窒息死亡。东湖的蓝藻水华由微囊藻（*Microcysiis*）、鱼腥藻（*Anabaena*）、束丝藻（*Aphanizomenon*）三个属组成，以铜锈微囊藻（*M. aeruginosa*）这个种为主。50年代东湖里微囊藻很少，不足以形成水华，60年代猛增，到70年代中期，每年夏季都形成厚厚的水华。但是1985年夏季，水华破例没有在东湖出现，而且至今已15年没有重现了。关于东湖水华消失的原因，多年来即使在学术界也是“众说纷纭”，鲢、鳙的摄食是可能的原因之一，但是不少学者对此持怀疑态度。

为了揭开东湖蓝藻水华消失之谜，1989年、1990年和1992年在东湖里进行三次原地围隔试验。向用聚乙烯材料制作的、大小为2.5 m×2.5 m×2.0 m、每个盛装约11 m^3湖水的8个围隔，放入不同种类和不同放养密度的鱼，对照组围隔不放鱼。三次试验的结果综述如下：在不养鱼的围隔里，蓝藻水华生长得很好；单纯养鲢、单纯养鳙以及鲢、鳙混养的围隔里，水华的情况视鱼的放养密度而异，水华或是完全不出现，或是蓝藻的份额有显著的减少，但是养草鱼的围隔里，水华照常孳生；在已经出现水华的围隔里，放入一定密度的鲢、鳙，或鲢和鳙，水华就在两周内消失。看来，东湖微囊藻水华之所以消失，既非由于浮游动物的牧食，也不是由于水质进一步恶化，而在于鲢、鳙滤食压力的增大。能遏制微囊藻水华的鲢、鳙有效放养密度为每立方米水放500克鱼，也就是“吨水斤鱼”。东湖的水质仍然适合于微囊藻水华的孳生，但一旦东湖的鲢、鳙产量下降到1984年以前的水平（885吨），微囊藻水华必将卷土重来。这是国内外浅水湖泊用滤食性鱼类长期遏制微囊藻水华首次成功的报道。这种措施虽然也属于“生物操纵”范畴，但不同之处在于典型的“生物操纵”措施所要消除的鱼类对象，正是东湖所采取的这种非经典

的“生物操纵”措施所要依靠的对象。

东湖的生态学研究还提供了一批数学模型，如：东湖中浮游植物与鲢鱼相互作用的量的评价，东湖的磷—浮游植物动态模型，东湖中食浮游生物的鱼类对浮游生物群落的影响，鲢、鳙在东湖生态系统的氮、磷循环中的作用等。

总之，东湖的生态学研究，评估了水中营养元素、细菌、有机碎屑、浮游植物、浮游动物、底栖动物、鱼类种群、水生高等植物群落和湖底沉积物等各个子系统在东湖整个生态系统的结构和功能中所起的作用，提出了东湖富营养化的生物学治理对策，发表了《东湖生态学研究》（一）（1990）、《东湖生态学研究》（二）（1995）和《高级水生生物学》（1999）等著作。“东湖生态学研究”作为一个研究项目曾获中国科学院自然科学一等奖。

参考文献

刘建康主编：《东湖生态学研究》（一），北京：科学出版社，1990。

刘建康主编：《东湖生态学研究》（二），北京：科学出版社，1995。

刘建康主编：《高级水生生物学》，北京：科学出版社，1999。

Liu，J. K.：Lakes of the middle and lower basins of the Chang Jiang (China)，In：F. B. Taub：*Lake and Reservoirs*，The Netherlands：Elsevier Scientific Publishing Company，331～355，1984。

刘建康，谢平：揭开东湖蓝藻水华消失之谜，《长江流域资源与环境》，8（3）：312～319，1999。

（刘建康　阮景荣）

污染对水生生物的影响研究 (Studies on the Effect of Pollution on Aquatic Creature)

一、基本概念与发展过程

污染对水生生物的影响是指各种物理、化学或生物因子进入水域环境，超过水域自净能力，改变水生生物群落结构与功能的协调与平衡，损害水生生物资源，或影响其利用价值的现象。

第二次世界大战以后，随着科技的进步和工农业生产的发展，大量废气、废渣和废水排入环境，造成环境污染。污染引起河流、湖泊富营养化，近海发生赤潮，导致大量鱼、贝类死亡，许多城市附近的河流、湖泊成为臭水沟或臭水坑；大气酸雨沉降引起河流、湖泊酸化，影响鱼类生存；海上原油泄漏造成大量海鸟和海豚死亡；有机氯农药、多氯联苯等污染物在生物体内大量富集，在人迹罕至的南北极生物体内也有残留。大量的污染事件引起各国政府对环境问题的重视。1972年联合国成立环境规划署，制定第一批全球生态政策；同年在瑞典召开第一次世界环境大会，发表《斯德哥尔摩人类环境宣言》，把环境与人口、资源并列为人类面临的三大严重问题。1992年联合国在巴西的里约热内卢召开环境与发展大会，强调发展生产的同时要注意环境保护的可持续发展政策。

我国于70年代初开始重视环境保护，水源保护研究开展得最早。1973年，中国科学院最先组织院内外许多科研教学单位的科研人员对官厅水库污染现状、污染源分布、污染引起的生态效应、对人体健康的影响等进行全面调查研究。随后的调查扩展至其他河流、湖泊和海洋，在“六五”、“七五”期间国家科技攻关项目中都列入了水源保护的研究课题，其中包括生物学调查与评价，“八五”期间重点对全国湖泊富营养化状况进行调查评价，90年代开展海上赤潮发生规律调查。20多年来，我国水域污染状况调查、评价研究取得了很大成绩，体现出一定的特色。

二、主要研究内容与成果

1. 污染对鱼类资源的影响

污染使鱼类种类减少，数量下降。我国800多种淡水鱼类有近百种濒临灭绝。80年代长江鲢、鳙、草鱼的成鱼捕捞量不及50年代的1/2，鱼苗捕获量仅为60年代的1/4。黄河兰州段已有8种鱼类消失。图们江大马哈鱼产量逐年下降，现已几近绝迹。洞庭湖114种鱼类中已经灭绝8种，另有15种已成稀有种类。湖北洪湖50年代有100余种鱼类，目前只剩下31种，天然鱼产量下降2/3左右。武汉东湖50年代有鱼类67种，近年仅发现38种。白洋淀50年代有鱼类54种，目前仅发现24种，产量下降约90%，中华绒螯蟹已完全绝迹。云南滇池50年代有土著鱼类15种，80年代只有4种，产量下降80%以上。据1985年全国9省市调查结果，污染造成淡水天然鱼类资源年损失8万吨，淡水养殖鱼类损失1.7万吨。我国海产水产资源也遭到严重破坏。70年代，小黄鱼产量下降90%以上，大黄鱼产量下降50%以上，带鱼产量下降70%，全以低龄鱼为主。其他海洋贝类、虾类资源量都在显著下降，南海珊瑚也受到严重破坏。水产资源的破坏除因污染以外，过度捕捞和水文条件的改变对其也有重要影响。

2. 污染对生物群落的影响

氮磷及耗氧有机物污染　大量城市污水和氮磷的排入，使水体溶解氧下降，敏感生物消失，耐污生物数量增加，物种多样性下降。水体富营养化严重时形成蓝藻“水华”。蓝藻分泌的藻毒素毒害鱼类，藻类死亡腐败，恶化水质。我国湖泊氮、磷含量普遍较高，据对25个大型湖泊的调查结果，富营养化湖泊占92%。90年代，巢湖、太湖都发生过严重微囊藻水华，造成经济损失。武汉东湖、云南滇池、河北白洋淀等湖泊50年代藻类种类多，数量少，以清水种类为主；现在藻类种类少，数量多，以耐污的蓝、绿藻为主。大型水生植物种类和数量也大幅度减少。虾、蟹、河蚌等减少或绝迹，耐污的水蚯蚓和摇蚊幼虫数量大增，成为优势类群。污染对海洋生物，特别是迁移能力弱的底栖动物群落有明显影响。对海河、长江、钱塘江、闽江、九龙江、珠江等河口的调查结果表明，河口附近海域底栖动物不仅种类少，而且种类组成发生明显变化，甲壳类和贝类等减少或消失，多毛类或寡毛类等耐污种类的比例增加。青岛城市污水的排放使胶州湾沧口潮间带大型底栖无脊椎动物，从60年代的154种降至80年代的17种。上海石油化工总厂附近潮间带生物在工厂投产前有34种，投产3年后只剩下18种。近年来我国近海海域赤潮发生的范围扩大，频率增加。我国赤潮生物有91种，主要的有夜光藻、申肋骨条藻、海洋原甲藻、微型原甲藻、尖刺菱形藻、赤潮异弯藻、红束毛藻、红中缢虫和裸甲藻等9种。赤潮的成因与氮磷、有机物大量排入和水温的突然升高等因素有关，具体发生机理还未完全查清。90年代我国对虾病毒病自南而北迅速蔓延，造成严重的经济损失，原因可能与养殖自身污染有关。

重金属及农药等污染　许多水域受到Hg、Cd、Cu、Pb、As、Cr、Sn等重金属和农药污染，局部水域污染严重。天津蓟运河的汞、DDT、六六六污染和江西乐安江的铜、锌、铅污染都很严重。河口港湾有机锡污染比较突出。重金属和农药污染严重的水域水生生物完全消失，尤其是底栖动物难以恢复。有机锡化合物毒性很强，1 μg/L 三苯基锡即能导致糠虾生殖力下降，种群衰退。重金属污染使鱼类骨骼碎裂，脑、神经系统受损，导致畸形。有机氯农药性质稳定，能在环境中持久残留，在生物体内大量富集。湖北鸭儿湖有机磷农药污染导致鲫鱼畸形。农药单甲

脒能抑制鱼类ATP酶和过氧化氢酶的活性，并可引起水体富营养化。氯苯类对藻类群落有明显影响，其中以六氯苯毒性最大。酚能使鲤鱼心包扩大，鱼体变形。酚和石油污染除对水生生物有直接的毒害外，还使鱼、虾、贝类等水产品变味，影响食用价值。

3. 残毒积累

许多重金属、有机氯农药和有机化合物等在多种鱼类、贝类和甲壳类等生物体内积累，影响品质。积累量随污染物浓度、性质、栖息环境、地理位置，以及生物种类、年龄大小、器官组织而异。70年代，蓟运河鱼类、河蚬体内的汞、DDT和六六六含量很高，大大超过食用卫生标准。我国于70年代停止使用DDT、六六六，但至今在白洋淀一些鱼体中仍能检出。青鱼苗对六氯苯的积累系数高达31 365。凤眼莲根系积累大量Ag、Zn、Cu、Pb、Cr、As等重金属。海产品中除渤海湾的梭鱼、鲈鱼的DDT、六六六含量，毛虾Cd含量，对虾Zn含量，大连湾、锦州湾贻贝、牡蛎的Cd、As含量，以及大亚湾鱼类、甲壳动物的Pb含量超标外，其余一般海洋生物残毒积累不高，均未超过食用卫生标准。

4. 污染物对水生生物的毒性影响研究

应用静态、半静态和流水试验的方法，研究农药、重金属、有机化合物、石油、洗涤剂及各种化工废水等对水生生物的急性或慢性毒性。淡水实验生物主要有羊角月芽藻、斜生栅藻、四尾栅藻、普通小球藻、蛋白核小球藻、白鲢、斑马鱼、草鱼、鲤鱼、金鱼和食蚊鱼等。海洋实验生物主要以经济动物为主，如对虾、扇贝、贻贝、牡蛎、牙鲆、黑鲷、鳗鲡以及一些藻类和浮游甲壳类。除研究污染物对鱼、虾、贝类早期发育阶段的致畸影响外，近年来还研究一些污染物对动物体内DNA、神经细胞K^+—Na^+通道以及各种酶活性的影响。此外还应用池塘、河流和海洋等研究农药、重金属等污染物对生物群落结构与功能的影响。

5. 水域环境质量的生物监测与评价

我国于70年代开始对各类水体环境质量进行广泛的生物学调查与评价。主要方法有指示生物、各种生物指数和多样性指数。如：藻类种类比值、硅藻指数、藻类污染指数、污染指数、污染评价值、EPT指数、营养状况指数以及Margalef和Shannon多样性指数等。藻类种类、数量组成、生物量和叶绿素a含量以及碳14法测定藻类生产量等方法被广泛应用。90年代发展了PFU微型生物群落监测方法，建立了环境生物监测的国家标准《水质微型生物监测 PFU法》。近年来还利用发光菌和微生物的酶活性以及几种微生物制成的电极监测水质总体生物毒性。用金属硫蛋白、紫露草微核率监测海洋石油污染。此外，还研究应用鱼类等的生长、生理、生化、细胞、遗传特征以及残毒水平等监测评价水域环境质量。80年代，中科院南京地理湖泊研究所等单位根据总氮、总磷、化学耗氧量、透明度、叶绿素、藻类生物量和优势藻类等7个指标，提出太湖、巢湖富营养化程度评价标准，并分析巢湖营养物质与不同营养级生物之间的相互关系，建立了巢湖富营养化生态学评价、预测模型。

三、研究成果的主要意义与作用

水质生物调查评价资料和毒性研究成果对于促进我国环境生物学、污染生态学以及生态毒理学的学科发展有重要意义；同时为评价我国水域环境质量状况、发展趋势和污水处理后水质的改善状况提供依据，也为评价化学品的毒性等级、制定渔业水质标准提供依据；制定的生物监测标准方法对于推广水质生物监测有实际作用。整个研究成果对于我国水域环境保护、促进经济持续发展有重要价值。

四、发展趋势与展望

研究制定适合我国国情的水域污染生态效应指标体系和评价标准；加强有毒有机化合物的遗传毒理和生态效应研究；深入进行复合污染物对生态系统整体效应的研究，制定标准的研究方法；分子、生化及生理学水平上的毒性效应是生物监测的重点发展方向之一；开展毒理学效应与生态系统效应之间的关系研究，对于科学评价污染的生态效应并阐明效应机理有重要意义；进一步制定或完善有关生物监测的标准方法，培训专业人员，逐步开展生物监测工作，为水域环境质量评价提供完整的资料。

参考文献

沈韫芬，章宗涉，龚循矩等：《微型生物监测新技术》，北京：中国建筑工业出版社，1990。

王德铭：我国水环境生物学研究进展，《水科学进展》，3：73～74，1992。

许木启，黄玉瑶：受损水域生态系统恢复与重建研究，《生态学报》，18：547～558，1998。

邹景忠，吴玉霖：海洋环境生物学研究，见：曾呈奎，周海鸥，李本川主编：《中国海洋科学研究及开发》，青岛：青岛出版社，275～292，1992。

（黄玉瑶）

中国水域生态系统研究（Studies on Aquatic Ecosystem of China）

基本概念　水域生态系统是指特定水域内（淡水、海水）所有的生物（即生物群落）与它们的理化环境相互作用，通过物质和能量流共同构成的具一定结构与功能的统一体。水域生态系统可根据水中含盐量的高低分为淡水生态系统和海洋生态系统两大系统。淡水生态系统包括静水水域和流水水域，前者如湖泊、水库、池塘、沼泽、湿地等，后者包括江河、溪流等，它们具有广泛的地理分布和各种规模。海洋生态系统包括河口湾、海湾、潮沼、珊瑚礁和开阔海洋。海洋是与大气密切相互作用的一个巨大的动态系统。

这些水域不仅是人类生活与工农业用水的主要来源，而且蕴藏着丰富的水生生物资源和能源，给人类带来巨大的利益。同时这些水域作为生物圈的主要组成部分，对调节全球气候、维持自然系统稳定起着极为重要的作用。

水域生态系统和陆地生态系统，尽管在它们的外貌和物种的组成方面有很大的不同，但就其营养结构来说是一致的。水域生态系统中的浮游植物、大型水生植物是最主要的初级生产者与陆地生态系统中的草本植物、木本植物相似，可是前者个体小、数量多、周转快，后者个体大、数量少、周转慢。

湖泊、海湾研究概况　由于湖泊、海湾与人类关系十分密切，因此也是最早为人们所开发利用的水域，因此深受科研工作者重视。我国许多大专院校、科研单位对它们进行了卓有成效的研究，获得了许多有意义的结果。

长江中下游浅水湖泊星罗棋布，由于具多种功能，历来在人们的生产和生活中占有重要地位[①]。这些水体，虽具有相对的独立性，但在历史上曾与长江干流融为一体，形成独具特色的江湖复合生态系统。由于江湖之间物质、能量的频繁交换以及静水、流水的互补作用，孕育出丰富多彩的淡水生物群落，特别是淡水鱼产量占我国总渔量的2/3，是举世闻名的“鱼米之乡”。例如武汉东湖（北纬30°33′，东经114°23′）是长江中下游典型的浅水湖泊，一个典型的淡水生态系统，面积32 km^2，平均水深2.2 m。中国科学院水生生物研究所在刘建康领导下对它进行了为期

① 在我国著名湖沼学家饶钦止教授领导下，1953～1954年对湖北、安徽、江苏三省700多个湖泊水的理化性质及饵料生物进行广泛的调查，并根据湖泊的类型和放养条件提出了湖泊放养标准。《湖泊调查基本知识》一书是这方面的经典之作。

近40 年的深入研究:50 年代的水生生物综合调查，60 年代的浅水湖泊生物生产力研究，70 年代的渔业增产试验和生物生产力研究，80 年代的生态系统结构、功能和生物生产力研究，90 年代的东湖生态系统结构、功能和优化模式的研究。科研人员详尽地研究了东湖主要营养元素氮、磷在水体中的分布、转移和积累,浮游植物群落结构的演替规律,并以此为主要依据提出了东湖富营养化的成因、现状及治理途径。采用能量法估算了东湖鲢、鳙的生产潜力，进而求得了它们的合理放养量。深入研究了大型水生植物的消长情况，及其与草食性鱼类的动态关系，阐述了大型水生植物在湖泊生态系统演替中的作用。采用与室内相结合的方法测定了东湖优势水生无脊椎动物的生物量、生产量、牧食率，获得了P/B 系数。研究了鲢、鳙在不同实验条件下的能量代谢,定量地揭示了鲢、鳙在东湖生态系统中的作用；系统地研究了有机碎屑这类能源物质的分布形态，定量测算其在系统中的功能。

我国淡水养鱼有悠久的历史。远在3 000 多年前的殷末周初就有养鱼的记录。新中国成立后中国淡水养鱼业得到了迅速的发展，特别是由于一些新技术在大水面渔业中的应用，湖泊渔业投资少、效益高的优点日益显示出来。然而，我们在利用湖泊的同时，常对水域生态系统的脆弱性估计不足，由于资源的过度开发以及湖滨人口增长等多种原因，致使不少湖泊已面目全非，大型水生植物（俗称水草）消失，鱼类等物种多样性下降，水质日益恶化。

对于水草功能作用的认识是一个逐步深化的过程。建国初期,长江中下游600 多个湖泊中，多数湖泊水草茂密，群落呈准顶极状态，湖水普遍清澈，浮游生物偏少，与人工池塘的条件相差甚远，因此，科学家们进行了“肥瘦水问题”的讨论，并提出了“草鱼开荒”的口号，以期使得瘦水变为肥水，让“荒湖变成熟湖”。有人认为，数十年来湖泊水下植被的相继破坏与上述口号有关，这是欠公允的。事实上，这一口号的提出在当时确有积极意义，它不但促进了浅水湖泊的普遍放养，取得了巨大的经济效益，而且适当控制水草，也有助于延缓湖的衰亡。但问题在于人们既对水草的生态学功能缺乏了解，又过高地估计了水草资源的再生产能力，而盲目地大量投放草鱼，使得“水下森林”迅速消失，造成类似陆地毁林开荒的恶果。

鲢、鳙等经济鱼类的放养是长江中下游湖泊的一个重要渔业模式。这些滤食性鱼类的代谢活动对湖泊生态系统结构、功能有何影响？这在国内外向来是一个争论不休的问题。不少学者认为鲢、鳙大量摄食浮游生物使水质澄清，同时鱼产品又作为氮、磷的载体移出水体，减轻了水体中氮、磷负荷。同时从实验室结果也表明：（1）鲢、鳙摄食过程虽加速水体氮、磷释放进程，但其释放量不足以左右湖泊中初级生产量的变动；（2）鲢、鳙摄食过程不仅提高初级生产量的利用率，而且随着渔获物从水体中移出大量氮、磷；（3）鲢、鳙大量摄食浮游生物，降低了被摄食种群的密度，缩短了被摄食种群生物量的周转，这样既保持了水体中浮游动物密度的相对稳定，也就控制了浮游植物，使两者保持相对平衡。由此可见，鲢、鳙的放养不仅延缓了水体富营养化，而且也有助于湖泊生态系统的演替平衡。

可是另一些学者从营养级串联作用(cascading tropic interactions)原理出发，特别强调鱼类放养对生态系统的下行效应(top-down effects)。大量的实验结果也表明:(1)鲢、鳙放养使水体叶绿素a 的含量增加，而且其浓度随放养量的增加而增加；

(2) 鲢、鳙放养亦使水体中氮、磷含量，特别是磷负荷增加；(3) 鲢、鳙等鱼类放养，由于其扰动作用加速了底泥中磷的释放，并通过“短路代谢”直接提供营养，对浮游植物的生长起了重要的促进作用。因此，鲢、鳙鱼类放养导致湖泊生态系统功能加速，物质循环形成“短路”，打破了正常的系统演替、平衡规律，改变了浮游生物种类组成、现存量的变动的格局。在高生产力的湖泊中，滤食性鱼类的大量摄食,使浮游生物小型化、数量激增、周转加速。由此可见，在湖泊中大量投放鱼类鲢、鳙，虽可延缓湖泊沼泽化，但加速了水体富营养化进程。

太湖（北纬30°55′42″～31°33′50″，东经119°53′45″～120°36′15″），又一个典型的淡水生态系统，是我国平原地区五大淡水湖之一，面积2 338 km^2，平均水深1.9 m，处于我国经济最发达的长江三角洲地区。

关于对太湖的研究，最早可以上溯到20世纪30 年代。1949 年后，中国科学院南京地理与湖泊研究所联合多家单位，于1960 年对太湖进行了一次全面系统的调查，基本摸清了太湖地区的构造状况、湖区水文气象、水生动植物、水化学与沉积物组成等。1984～1986 年，中日合作对太湖进行考察。在“七五”与“八五”期间，随着太湖水环境的恶化，有关污染方面的问题也突显出来，先后进行了有关“太湖出入湖河道污染物总量及太湖环境容量的研究”、“东太湖局部水域水质恶化原因及其防治对策”等。这些研究归纳起来可以获得以下几点结论性意见：(1) 首次完成了进出太湖的主要污染物质来源、数量和太湖环境质量的评估；(2) 弄清了东太湖地区的水产养殖对水环境影响及其大小；(3) 弄清了太湖水生生物种类组成、演替，特别是水生植被的消长情况；(4) 把遥感与GIS技术应用于水环境研究等等。

藻类“水华”形成机制及其与环境因子的关系是湖沼学中一个热门话题。经过一系列的研究，使人们对藻类生长繁殖过程中对于光能量的依赖性及其生理机制等都有了一个较为全面的认识，并已研制出了以藻类响应于光变化为基础的藻类生长预测模型。人们都知道，藻类特别是微囊藻，有下沉上浮的功能。对于这一功能的解释，有人认为是帮助藻类从湖底沉积物中吸取营养；也有人认为藻类的这种下沉功能是在湖底越冬而成为来年的“藻种”。关于藻类“水华”与水中营养盐类间的关系，科学家也做了许多深入的研究，通过北半球地区 200 多个湖泊的统计资料分析，发现在总磷小于200 mg/m^3（即低营养水平）时，藻类叶绿素a 与总磷的关系最好，说明在这种情况下，磷是藻类生长的限制因子；但当总磷大于200 mg/m^3，藻类叶绿素a 与总氮、总磷的复合相关性最高，说明在磷元素相对丰富情况下，氮也可成为一个限制因子。一般认为蓝藻“水华”是湖泊富营养化过程中某阶段的产物。这个阶段很可能是当水中营养水平达到一定程度却又不十分充分的情况下，由于蓝藻某些生理上的优势，使之暴发形成“水华”；但当水中营养盐类继续增加，达到充分的情况下，原先具有竞争优势的蓝藻等大型藻类逐渐失去其优势；而光合表面积较大的小型藻类在营养盐类不受限制的情况下就有可能取代大型藻类成为优势种。

近年来，国际海洋学和渔业研究中十分重视水域生产力开发和生物资源的科学管理及增、养殖事业的发展。我国近10 多年来，由于海洋渔业捕捞力量的迅速增长和捕捞工具及技术的空前提高，而使捕捞压力愈来愈大，再加上管理一度放松，致使近海生物资源受到严重的破坏。不少捕捞对象的产量急剧减少，甚至使一个大海域的生态系统结构出现

了恶性变化。

长期以来，中国科学院海洋研究所对海洋生态，特别是对近海水域生产力和生物资源的合理开发利用进行了深入、细致的研究。在曾呈奎的水产农牧化及蓝色农业思想指导下，大力发展水产养殖业和鱼虾种苗放流，以及资源增殖。1980 年起对胶州湾(北纬35°55′～36°18′，东经120°04′～120°23′)开展了多学科的综合性研究，及对附近海域的海洋气象、水文、地质、海水化学和海洋生物以及水域生物生产力进行多学科综合性调查，取得了系统、全面、有价值的科学资料。特别是90 年代以来率先对海洋新生产力的研究填补了国内空白。这是一项关系到可再生生物资源评价和海洋对大气CO_2调节能力估计的重要指标。同时，研究表明海水中溶解的有机质(DOC)和溶解有机碳(PDOC)可被自由生活的异养微生物再次利用而转化为自身颗粒有机物(POC)，并通过原生动物的摄食而重返主食物链，从而形成了微食物环(Microbial food loop)。这对全面揭示海洋生物生产过程及能流、物流极为重要。

中国科学院南海海洋研究所，从1984 年起对位于南海海域的大亚湾的环境、水生生物特别是鱼类的资源、水体生物生产力、水的理化特性进行了深入的研究；同时对贝类、鱼类的增养殖、种苗生物学、营养代谢、遗传变异、海洋生物病害防治取得了丰硕的成果。

发展趋势 当前人类所面临的最大问题是人口、资源和环境问题。湖泊、海湾水体污染，富营养严重，功能严重退化。毫无疑问，我们要充分而有效地利用水体生物生产力，为日益增长的人口提供足够的蛋白质，但是更重要的是，我们要给子孙后代留下赖以生存的宝贵的水资源。因此，着重探讨水生生物资源演替和功能动态，预测变化趋势，探讨调控途径，具有特别重要的理论意义和实践价值。值得一提的是生物操纵(bio-manipulation)又称为食物网操纵(food web manipulation)，是近代发展起来的利用生态学原理，以改变系统结构使之成为有利于环境优化的一项生物技术。通过改变鱼群结构以调节浮游生物群落结构，达到既要发展渔业，又要保护环境的目的，使水域生态系统向良性的方向发展。

参考文献

刘建康主编：《东湖生态学研究》(一)、(二)，北京：科学出版社，1990、1995。

刘瑞玉主编：《胶州湾生态学和生物资源》，北京：科学出版社，1992。

蔡启铭主编：《太湖环境生态研究》(一)，北京：气象出版社，1998。

徐恭贻，郑文莲，黄国树：《大亚湾鱼类及生物学图志》，合肥：安徽科学技术出版社，1994。

邹仁林主编：《大亚湾海洋生物资源的持续利用》，北京：科学出版社，1996。

(黄祥飞)

中国鱼病学的研究 (Studies on Ichthyopathology in China)

鱼病学是研究鱼类疾病的发生原因、病理机制、传播途径、流行规律以及诊断、预防和治疗方法的科学。然而，更广义地说，鱼病学的研究也包括水产养殖动物，如贝类和甲壳动物——虾类的病害的内容。

鱼病学是一门应用科学，它同禽兽医学一样，和自然科学的许多基础学科的关系非常密切。为了能正确地诊断，首先必须对鱼类本身的形态、组织和生理学方面有充分的了解。其次，必须掌握多方面的病原学的知识，如寄生虫学、微生物学、病毒学等。为了了解鱼病的流行规律，不但需要知道病原体的全部生活史，还应了解鱼类赖以生活的

整个水域生态学的特色和变化，以及水质检测等科学知识。防治是鱼病研究的目的，更需要掌握药物学、药理学、毒理学和免疫学等科学内容。鱼类不同于陆生的禽兽类，它最大的特点是生活于水中，因而在诊断、防治方法和传播途径等方面均有别于禽兽病害。鱼类发病大多表现为群体，病鱼一般不能再生存。防治方法除用注射法外，主要采用群体治疗，药物应用既要考虑能杀死病原而对鱼体无害，同时也要考虑药物在水中能保持相对稳定的浓度和水中有机物对药物浓度的影响等因素。所以对鱼类疾病的防治，实质上要比陆生生物病害的防治困难得多。鱼病的传播，也比在陆生环境下复杂，可以由水源、鸟类、爬行动物、昆虫、饲料及使用工具等方式传播。应该特别指出，鱼病的发生与养殖方式及环境有密切关系，因而鱼病学的研究和养殖学是紧密相关的。

鱼病的研究在国外始于19世纪，主要记载鱼类寄生虫的种类。在19世纪的最后10年，才进行了对细菌性鱼病的研究。鱼病学作为一门学科是在19世纪末形成的。20世纪50年代又开始了病毒性鱼病的研究。鱼病学在中国是一门新兴学科，研究始于1951年，由中国科学院水生生物研究所在无锡成立了太湖淡水生物研究室，随后在浙江吴兴县菱湖镇成立了中国第一个鱼病研究单位——菱湖鱼病工作站，开创了我国鱼病学的研究。领导人是倪达书（1907～1992），他紧密与水产养殖实践相联系进行研究，提出了用生石灰清塘；混合堆肥饲养鱼苗；用漂白粉在食场周围挂篓和硫酸铜挂袋等一系列简便易行、效果显著的防治鱼病的方法；在一般饲养管理方面提出了“三消”、“四定”等具体技术措施。这些研究成果深受渔民的欢迎，也受到国外同行学者的高度赞扬，并沿用至今。倪达书是我国鱼病学的创始人和奠基者。

我国鱼病的研究，在早期的50～60年代，主要集中研究草、青、鲢、鳙四大“家鱼”的传染性细菌病和寄生虫病，其中以草鱼的病害最多，流行最广，对生产造成的损失又最大，因而对草鱼病的研究工作做得最多。被渔民称为“鱼瘟”的草鱼肠炎、烂鳃、赤皮三种重大细菌性流行病，给淡水养殖带来灾难性的损失。经过多年的研究，这三种病都找到了病原和防治方法。赤皮病可分为出血性腐败病和疖疮病两个类型，前者的病原菌为荧光极毛杆菌，后者为疖疮型点状产气单胞杆菌。烂鳃病的研究中，分离到一种新的病原菌，定名为鱼害粘球菌，但后来亦有人认为此病原菌仍属于柱状屈桡杆菌。肠炎病早期研究确定肠型点状产气单胞菌为致病菌，但70年代后，由于发现了病毒性草鱼病，其症状亦有肠部点状出血，最后研究表明，草鱼的肠炎病，在鱼种阶段，发病主要由病毒引起，一龄以上的成鱼阶段，则主要由细菌引起。这三种病的治疗方法，主要用漂白粉在水中挂篓或全池泼洒，或用呋喃唑酮外用，内服磺胺类药物或用抗生素制成的药饵投喂；用中药大黄、乌桕、大蒜等药物，也有很好的疗效。这三种常见、重大流行病的研究，不仅为我国鱼病学研究打下了坚实的基础，对我国淡水渔业的发展也做出了重要的贡献。这期间还先后研究了30多种流行广、危害比较严重的流行病，诸如打印病、白皮病、白头白嘴病、水霉病、鳃霉病、打粉病、鳃隐鞭虫病、口丝虫病、斜管虫病、小瓜虫病、车轮虫病、毛管虫病、指环虫病、三代虫病、九江头槽绦虫病、锚头鳋病、中华鳋病、鲺病、复口吸虫病、侧殖吸虫病、血居吸虫病、舌状绦虫病、嗜子宫线虫病等。这些病大多数都已查清了病原和找到了防治方法。20世纪70年代初，发现了由病毒引起的草鱼特大流行病，其危害比细菌性病害更为

广泛和严重，由此开始了我国病毒性鱼病的研究，并定名为草鱼出血病，这是我国鱼病学研究的又一个里程碑。在随后的十年时间里，我国鱼病研究工作者，集中主要精力研究病毒病，并组织了联合攻关。中国科学院水生生物研究所首先分离出此病的病毒病原，定名为草鱼呼肠孤病毒（Reovirus of grass carp）(1983)，而中科院武汉病毒研究所则定名为鱼呼肠孤病毒（Reovirus of fish）(1984)。此后，全国开展了对此病的防治研究。由于是病毒性病原，抗生素和抗菌药物均不起作用，因此，只能从免疫角度去研究。首先研制成功了草鱼出血病灭活疫苗，并在生产中广为应用，使草鱼养殖的成活率从20%～30%提高到70%～80%。与此同时，进一步开展了细胞减毒疫苗的研究。浙江省淡水水产研究所于1981年成功地试验出出血病病毒的敏感细胞，建立了草鱼吻端组织细胞株，为细胞疫苗的研制创造了条件。其后与湖北省长江水产研究所等单位联合试制成功出血病细胞减毒疫苗，并投入中试生产。

引起鱼类发病，除了由各种病原体引发之外，还有其他因素也可以引起鱼病，如水质恶化引起的“泛池”和气泡病、弯体病，食料不足引起的“跑马病”、萎瘪病，藻类大量繁殖引起的“湖淀”和青泥苔，以及由水体中其他敌害生物，如蚌虾、水蜈蚣等都能引起鱼苗大量死亡。

在基础研究方面，主要对病原体进行病原生物学的研究，包括分类、形态、致病机理、流行规律和它们的生活史。其中最重要的工作是比较广泛地在全国各地的不同水体开展了鱼病和鱼类寄生虫区系调查，这些工作不仅揭示了我国淡水养殖鱼类的病害及其病原的分布情况，从而为控制疾病的流行提供了科学的依据，而且在分类学上，大大地丰富了我国动物志的内容。经典的著作为《中国淡水鱼类寄生虫论文集》和《湖北省鱼病病原区系图志》。随着我国改革开放，海水养殖业发展非常迅猛，特别是海水网箱养鱼，对虾和贝类的养殖大量兴起，自90年代起，对海水养殖动物病害的研究蓬勃开展起来。我国海水养殖鱼类主要是石斑、鲷鱼、鲫鱼、鲈鱼和牙鲆等品种。目前发现主要的流行病为细菌病，最常见、危害又最严重的是弧菌病，如青石斑鱼细菌性溃疡病的病原是创伤弧菌，尖吻鲈弧菌病的病原是河弧菌，高体鲫弧菌病的病原是哈氏弧菌。此外，还发现鳗弧菌、副溶血弧菌和溶藻弧菌也是多种海水养殖鱼类的病原。在防治方面，主要采用以抗生素为主进行药物治疗，同时也利用创伤弧菌研制全菌疫苗和粗制LPS疫苗，并已在生产性应用中取得良好的效果。由鱼虱引起的石斑鱼寄生虫病在国内也十分流行，能造成鱼类大量死亡，对此病也已进行了比较系统的研究。对虾白斑病是90年代初以来，在养殖对虾中发现的一种新的危害性最大的病毒病。最初在东南亚、日本以及我国台湾暴发性流行，以后蔓延至我国养殖地区。此病来势凶猛，死亡率极高，甚至可使整个养殖地区的对虾全军覆没，已造成世界性的对虾养殖业的重大损失。目前全世界对此病都开展了大量的研究，并已证实该病毒是一种双链DNA病毒，由于该病以病虾甲壳出现明显的白斑为其典型外观症状，我国台湾学者称之为白斑杆状病毒，日本学者称之为对虾杆状DNA病毒，大陆学者则称之为白斑杆状病毒或传染性皮下及造血器官坏死杆状病毒。目前对此病的防治主要采用严格的消毒方法防止病毒感染和用有益细菌为主的生态调控剂调节养殖生态环境，均有一定的预防效果，但对此病的根本性控制还缺乏有效的方法。此外，已研究成功以PCR诊断为主的快速诊断方法。

我国海水养殖贝类病害及其防治的研究工作开展较少，仅对鲍鱼、文蛤和珍珠贝等少数贝类的病害进行了研究，发现的病原主要是弧菌和类立克次体。现已初步确定皱纹盘鲍脓包病的病原是河流弧菌，染色鲍溃疡病的病原是溶藻弧菌，珍珠贝弧菌病的病原是溶藻弧菌。对大珠母贝和合浦珠母贝的类立克次体病进行了较系统的研究，而在皱纹盘鲍也发现类立克次体病原和病毒。

我国50年来鱼病的研究工作，从无到有，从小到大，逐渐形成了中国鱼病学的理论与实践相结合的独特风格，开创了中国鱼病学。由于始终贯彻了“全面预防，积极治疗”的方针，本着“防重于治，防治相结合”的原则，注意了鱼类生理活动和外界环境因素的关系，吸取全国各地渔民群众的经验，并通过反复试验，总结出一套比较完整的防治养殖措施，如“四消”、“四定”、鱼池轮养，以及根据鱼类生活习性和发育不同阶段而注意营养和合理饲养条件等，以增强鱼体的健康，提高抗病力。与此同时，加强了基础理论的研究，从而使目前我国水产养殖病害，特别是淡水养殖鱼类的主要病害基本上得到控制，为我国淡水渔业的发展做出了重要的贡献。

我国鱼病学研究虽然取得了很大的发展，但是随着水产养殖业特别是海水养殖的蓬勃发展，新的重大流行病不断发现，我国鱼病学研究也必须更深入地开展，除了加强病原生物学、流行病学和免疫生物学的基础研究之外，应重点加强以下几个方面的关键技术的研究：

1. 重要病原体的体外培养及保存技术，主要是病毒敏感细胞株的建立和筛选；标准病毒株和菌株的建立；重要寄生虫的体外培养；标准抗血清的制备，有关特殊培养基的研制及保存方法的研究等，这是开展有关病害防治生物技术研究必不可少的技术基础。

2. 重要流行病的快速诊断与检测技术，主要发展快速、灵敏、简便的现代免疫学和分子生物学检测技术，如利用单克隆抗体、免疫荧光技术、酶联免疫技术、DNA 探针、PCR 技术等用于主要病原的快速诊断和检疫。

3. 加强防治生物制品技术的研究。除了研究和筛选有效的防治药物外，还应加强药物的生物载体和制品，包括亚单位和基因工程疫苗、佐剂和免疫激活剂等免疫调节和生物防治制品的研制、筛选、检测及应用技术。

4. 主要养殖品种抗病育苗育种技术。利用生物工程技术和传统育苗育种技术相结合的方法，筛选和培养具有抗病力的养殖新品种。

5. 重大流行病的综合防治技术。一方面，应努力建立大水面淡水养殖和海水高密度饲养的应用防治技术，特别是特殊用药方法十分重要，如研制缓释型药物；另一方面，应通过对养殖环境及环境胁迫与疾病发生关系的研究以及通过改变养殖模式的方法，寻找控制养殖环境、预防重大流行病发生的综合控制技术。

参考文献

中国科学院水生生物研究所：《鱼病调查手册》，上海：科学技术出版社，1979。

中国科学院水生生物研究所：《中国淡水鱼类寄生虫论文集》，北京：农业出版社，1984。

潘金培：《鱼病诊断与防治手册》，上海：科学技术出版社，1988。

刘建康：《中国淡水鱼类养殖学》（第三版），北京：科学出版社，1992。

中国科学院水生生物研究所：《湖北省鱼病病原区系图志》，北京：科学出版社，1973。

（潘金培）

中国重要经济鱼类的养殖与驯化

(Studies on Aquatics and Domestication of Major Economic Fishes in China)

一、基本概念及内涵

经济鱼类的养殖和驯化属于渔业生产的重要活动，包括天然鱼类资源利用、淡水养鱼。

我国有淡水鱼类1 020多种，主要是骨鳔鱼类，包括最大门类的鲤形目鱼类750余种，鲇形目鱼类110种左右，占我国淡水鱼类种类的84%以上。仅鲤科鱼类就有530余种，超过淡水鱼类总数的一半。我国主要的经济鱼类均属于鲤科，且绝大多数为纯淡水鱼类（如青、草、鲢、鳙、鲤、鲫、鳊等），部分为次生性淡水鱼类（如鳜类、虾虎鱼类等），还有部分洄游性鱼类（如鳗鲡、鲟科、鲑科鱼类等）。自然资源是人类赖以生存的最基础的物质条件，淡水鱼类是自然资源的组成部分。我国淡水鱼类中有许多种类是大、中型生长迅速的类群，是重要的经济动物，是人类丰富的动物蛋白源。它们在形态、生理以及栖息分布上的营养生态位和食性上的差异成为重要经济鱼类养殖与驯化、定向改造天然水域鱼类区系组成、养殖水体的鱼类品种调节、提高鱼产品质量和产量的养殖学研究的基础。就其食性而言，鱼类种类繁多，水体中各种有机物都可以成为它们的食物，依食物类型的差异，可以将其归纳为以下几种食性类型，并指导重要经济鱼类的养殖与驯化。

1. 草食性：即以水生植物作为食物。包括食大型水生植物的种类，如草鱼、团头鲂，及以浮游植物为食的鱼类，如鲢等。

2. 动物性：即以水中的动物为食物。包括以鱼类为食的种类如鳜，以底栖动物为食的种类如青鱼，以浮游动物为食的种类如鳙等。

3. 杂食性：兼食动物性和植物性食物，如鲤、鲫等。

4. 碎屑食性：以水中的有机碎屑和夹杂其中的微小生物为食，如鲴类等。

淡水鱼类中，体型属大型或中型的种类约占1/2，都是具有经济价值的食用鱼类。另有一些种类体型虽小，但种群数量很大，产量甚高，如银鱼等也是重要经济鱼类。按渔业利用价值的大小，我国现约有55种主要淡水经济鱼类。鲤和鲫适应性强，分布广，是天然捕捞的主要对象，在我国的淡水渔业中占据着极重要的地位，其产量在各地的水体中一般可占总产量的1/5，而在一些湖泊中所占比例更高。我国养鲤具有悠久的历史，在塘堰中放养鲫也十分普遍。80年代以来，我国利用杂交F_1的生长优势为生产上提供了一些放养的新对象，对渔业增产起了一定作用。

青、草、鲢、鳙是我国淡水鱼类资源中最具代表性的重要种类，生长迅速，分布广泛，特别是在长江水系产量最为丰富，是池塘、湖泊、水库放养的主要对象。

鳊、鲂、鲮、鲴等鱼类肉味鲜美，深受消费者的欢迎，因其以摄食植物性食物为主，在养殖生产上是一个有利因素。鲮在我国南方早已人工养殖。80年代以来，团头鲂、细鳞斜颌鲴、丰鲤、异育银鲫等的养殖与驯化技术已在全国许多省区推广，对发展淡水鱼类养殖与生产起了积极的推广作用。

二、发展过程与研究概况

淡水养殖的萌始阶段　我国人民在长期的养鱼实践中积累了丰富的经验，但对这些鱼类的生物学研究却只是20世纪才开始的。了解鱼类的习性，掌握其生活规律，对人工养殖与驯化都具有很重要的实际意义。了解掌握鱼类的生长、食性、繁殖、洄游等方面的活动规律，就能指导生产实践，并为重要

经济鱼类的养殖、驯化、资源的繁殖保护提供可靠的依据。这些问题也是研究鱼类生物学的基本内容。研究发现，青、草、鲢、鳙、团头鲂等鱼类具有的生长快、食性广、抗病力强、肉质鲜美、生态互补性强及综合效应高等特点，成为指导人工养殖与驯化的科学原则。随着人类对自然界有更多的认识和获取渔业食物的需要，科研人员首先掌握了鱼类及水生生物种质资源的分类，有关经济鱼类形态、习性、分布、洄游规律和与生态环境因子间的相互关系等科学知识，继而在渔猎转化为家养的过程中进一步掌握了有关鱼类淡水养殖学方面的科学知识与生物学技术。有几千年人类文明史的我国，水产养殖技术研究源远流长，并通过实践总结出青、草、鲢、鳙“四大家鱼”为水产养殖的“当家鱼”,池塘养殖及其他水体增养殖的优良对象，并将养鱼生产由单一渔猎性捕捞向渔猎养殖兼顾发展，还认识到只依靠天然鱼类种苗资源开展养鱼生产活动难以保证稳定的收成，必须掌握有关鱼类人工繁殖技术，保证充裕的苗种来源才能实现和促进重要经济鱼类的养殖、驯化与发展。

重要鱼类养殖的突破性进展 我国淡水养鱼所需苗种过去依赖捕捞天然鱼苗，但丰歉无常，而且品种不全，影响了淡水渔业的发展。20 世纪50 年代，我国科技工作者结合池塘养鱼的悠久历史、独具特色的养殖技术与经验，总结出“水、种、饵、密、混、轮、防、管”八字精养法，高度概括了有中国特色的综合养殖经验与技术理论。

1950 年以来养鱼事业蓬勃发展，用人工繁殖技术来改善鱼苗的供应问题，被提到了鱼类养殖业的重要地位。全国各地有许多单位进行了此项工作。1951 年前中央水产试验所在湘江产卵场地区进行了草鱼和鲢的人工授精及低温处理鱼卵试验。1951 年至1952 年，中国科学院水生生物研究所在湖南省湘江、衡阳以及长江的宜昌江段产卵场进行调查以后，在1953～1954 年间，除进行草鱼和鲢的人工授精孵化外，还将江中接近成熟的鲢、青鱼进行人工催情获得了鱼苗，这一试验为我国用催情方法人工控制繁殖，提供了宝贵的资料。

综合运用生态条件与鱼类内分泌因素相关原理，在50 年代末，通过调查研究，创造性开展了鲢、鳙、草鱼、青鱼四大家鱼人工繁殖。1958 年南海水产研究所首次成功地使鲢、鳙在池中发育成熟，并通过催情获得产卵孵化,使鱼类人工繁殖进入了新的阶段,终于达到了苗种能够就地自繁自养。经过该所和广东省及其他地区先后多次的试验,鲢、鳙的排卵率、受精率和孵化率都迅速达到较高的水平。中国科学院实验生物研究所、海洋生物研究所、浙江淡水水产研究所和上海水产学院等又使用绒毛膜促性腺激素使池养鲢、鳙人工繁殖获得成功。随后在1960 年和1961 年，广东、湖南等省应用催情方法，又先后解决了池养草、鲮和青鱼的人工繁殖问题。“四大家鱼”人工繁殖技术取得突破后，即在中央和各地水产部门的主持和领导下，在全国各地开展了生产性推广工作。1963 年全国23 个省市共生产鱼苗30 亿尾左右，彻底扭转了我国淡水养殖业受天然苗量限制、丰歉无常的被动局面，也为扩大水产养殖新对象的人工繁殖奠定了技术基础，创造了遗传育种的条件，通过对“四大家鱼”养殖与驯化的研究，进一步形成和发展了我国淡水养殖学理论。

《中国淡水鱼类养殖学》等水产养殖经典著作的问世，进一步奠定了我国水产科学发展的地位，代表着我国淡水养殖学发展到一个新的水平。

70 年代以前，我国重要经济鱼类的对象

主要是青、草、鲢、鳙“四大家鱼”。70 年代至80 年代初，随着水产资源调查、水产遗传学的发展和高新生物技术的应用,团头鲂、细鳞斜颌鲴、杂交鲤、异育银鲫等相继被开发利用,在淡水养殖中所占的比例愈来愈大,群众喜称“四小家鱼”。到80 年代中期，异育银鲫、杂交鲤、建鲤等已在全国养殖、驯化和推广。特别是改革开放以来，随着人们生活水平的提高和消费需求的变化，名、特、优水产品如鳜、长吻鮠、大口鲶、黄颡鱼、鳗鲡、黄鳝、银鱼、鲟鱼及虾、蟹、鳖等已在全国形成养殖开发的热潮。据农业部渔业局统计资料表明，1999 年我国淡水养殖产量超过1 422 万吨，比1998 年增长7.57%，占全国水产总产量的36.5%，由此可见重要经济鱼类养殖、驯化在提高养殖产量中发挥了巨大作用并做出了贡献，使我国成为世界上最大的淡水渔业国。

重要经济鱼类的养殖、引种和驯化　我国鱼类种类繁多，资源丰富，但历来养殖的主要种类只有青、草、鲢、鳙、鲤、鲫、鳊等七八种。以我国领土辽阔、气候条件及水体类型多样化而论，单靠传统养殖品种远不能适应生产发展的需要，为此，国家十分重视鱼类的养殖、引种、驯化工作。一是从国外引进优良品种，二是充分发掘本土自有的优良野生鱼类。如团头鲂，是长江中下游湖泊中特有的草食性野生鱼类，具有生长快、抗病力强、肉质鲜美等特点。1955 年易伯鲁从鲂鱼中将其鉴别出来，曹文宣对其进行了生物学研究，后经柯鸿文等的研究推广，迄今已在21 个省（市、自治区）生长、繁衍，成为我国主要的淡水名优养殖对象之一。60 年代，全国各地相继培育了以食用有机碎屑为主的鲴类，还有雅罗鱼、东北银鲫、湘华鲮、胭脂鱼、鲻、梭鱼等。这些鱼类养殖、驯化的成功，进一步丰富了我国淡水鱼类养殖的多品种化，使之能更充分利用水体中的饵料资源，提高单产，而且还改善和提高了鱼产品的质量及商品价值。50 年代和60 年代，我国的草鱼和鲢、鳙等主要养殖鱼类相继传人欧美；70 年代联合国粮农组织（FAO）委托中国建立了养鱼培训中心，先后为20 多个国家和地区培训学员数百人；同时我国的几种主要养殖鱼类也被移养到世界 20 多个国家和地区；在世界范围内推广了中国的养殖品种和养鱼技术，对世界淡水渔业的发展起了很大促进作用。经过20 多年的研究，我国的淡水鱼类养殖已达20 多种。

三、发展趋势

鱼类养殖与鱼类品种优化被认为是 21 世纪的十大产业之一。我国淡水养殖业的发展必须适应水产资源保护、水体环境优化和减少与农业争地等优化发展要求，从而促使淡水养殖朝强化优化养殖、提高单位面积的产量发展。其实施的关键之一是进一步挖掘新的品种资源，并在持续利用的战略下，应用高新技术，培育全新品种，开展健康养殖，有效地开发利用，向集约化方向发展，建立“优质高效”的养殖模式，并以最低的环境补偿获取最高的效应，高度重视重要经济鱼类品种的培育、养殖与驯化，使发展淡水渔业养殖与环境相协调，促进经济发展、资源永续利用。

我国的千余种淡水鱼类中，约有 500 种特有种类，草鱼、青鱼、鲢、鳙、白鲟、胭脂鱼等都是单型属鱼类，一属一种。而鳊、鲂、原鲤等属每属也不过2～3 种，这是鱼类在长期演化过程中形成的特殊类型，它们适应我国内陆水体的自然环境，具有巨大的经济价值和重要的科学价值。每个物种都具有其固定的形态、生态、生理和遗传特点，分布于特定的地区或水系，栖息于该物种所适应的环境中，在水域生态系统中占据着一定的地

位，直接或间接地为人类所利用。我们应当特别加以保护使之绵延不绝。由于在人工养殖过程中进行人工繁殖，大规模的苗种市场调运，杂交制种过滥，加之忽视选种、近亲繁殖等，造成越来越严重的种质资源紊乱和经济性状衰退，抗病力降低，养殖生产的发展很大程度上受到限制。

我国的青、草、鲢、鳙、团头鲂等是在长江中下游自然环境中形成的物种，其优良品质需依靠生活于此的天然种群来保持，虽然增养殖渔业当前所需的苗种主要来源于人工繁殖，对天然鱼苗的需求逐渐减少，但是长江里种群的补充只能依靠自然繁殖的鱼苗，这是人工繁殖鱼苗所不能取代的。应高度重视种质资源的保护，为重要经济鱼类的养殖与驯化源源不断地提供新的优良种质。

参考文献

中国科学院水生生物研究所:《淡水渔业增产新技术》，南昌：江西科学技术出版社，1988。

牛德水主编：《农业生物学研究与农业持续发展》，北京：科学出版社，1997。

刘建康主编:《高级水生生物学》，北京：科学出版社，1999。

刘建康等主编：《中国淡水鱼类养殖学》（第三版），北京：科学出版社，1992。

李思发等著：《中国淡水主要养殖鱼类种质研究》，上海：科学技术出版社，1998。

（胡传林　万成炎）

海洋生物学

(Marine Biology)

海洋生物学是研究海洋中生命起源和演化、生物种类和分布、发育和生长、生态和生理、生化和遗传的科学。通过该项的研究来阐明生命的本质、各类生物的特性和彼此关系以及与海洋环境间的相互影响。研究和探讨这些规律为人类的生存和发展提供更有价值的信息。

建立海洋生物研究机构　我国在1909年成立了中国地学会，从地学科学的角度，开展对海洋生物的研究，并通过其会刊《地学杂志》宣传海洋科学知识。1914 年创办了中国科学社，该社著名生物科学家秉志、伍献文、王家楫、朱元鼎、陈兼善、黄鸿年、陈子英、张玺、曾呈奎等都是中国20 世纪初海洋生物研究的先驱者。当时海洋生物研究有两个中心，一是南方的厦门，一是北方的青岛。继之，1928 年和1929 年于北京先后成立了北平静生生物调查所和北平中央研究院。1945 年抗日战争胜利后，童第周在山东大学，马廷英在台湾大学，唐世凤在厦门大学分别创立海洋研究所，进行包括海洋生物等的研究。

1950 年8 月，中国科学院在青岛成立水生生物研究所海洋生物研究室，并于1959 年1 月扩建为中国科学院海洋研究所，设立多个与海洋生物有关的研究室。同年初，创建中国科学院南海海洋研究所，1962 年改名为中国科学院海洋研究所南海分所，1966 年恢复原名中国科学院南海海洋研究所。1959 年3 月，在青岛建立山东海洋学院，分设海洋生物、海洋养殖学系；1964 年建立国家海洋局，成立了第一海洋研究所（青岛）、第二海洋研究所（杭州）和第三海洋研究所（厦门），皆设立与海洋生物有关的研究室；1947 年成立黄海水产研究所（青岛），1958 年成立东海水产研究所（上海），1953 年成立了南海水产研究所（广州），它们分别承担黄海、东海、南海以及邻近大洋区的海洋生物生产力和海洋水产资源的调查和评价，研究各海区鱼、虾、贝、藻的养殖和增殖技术，海洋渔业与海洋环境条件的关系，海洋经济鱼类的分布、洄

游规律以及渔情预报方法，海洋渔业遥感等新技术的应用，这三个研究所皆拥有渔业调查船队；沿海各省市先后都成立了海洋水产或渔业研究机构，行使海洋水产的管理和监督。从60年代起，先后成立水产学会、海洋学会、动物学会（分设甲壳动物、鱼类等分会）、海洋与湖沼学会，组织广大会员开展与海洋生物有关的各项学术讨论和科普活动。台湾省水产试验所创始于1929年，设有海洋渔业、渔业生物、水产养殖、水产加工、水产资讯等5系，并在竹北、鹿港、台南、高雄、东港、台东、澎湖、台西等处设立分所，同时拥有水试一号、海富、海建、海农、海鸿及海安等6艘不同性质的试验船，承担渔业资源开发、渔业技术改进、鱼虾贝繁殖养殖、水产品加工与保鲜试验以及水产技术训练、水产资讯服务等；1968年台湾大学成立海洋研究所，而后台湾海洋大学创建海洋生物研究所、渔业研究所。

开展与海洋生物有关的海洋调查和考察

20世纪初，国际上有一些著名环球海洋考察（如 The Expedition of H. M. S. “Waterwitch” in the China Seas 1900～1903；The Siboga Expedition 1909 等），一些外国学者曾对南海软体动物、甲壳动物等做了专门采集和报道；又如Jones，K. H. 和 Preston，H. B. 于1904年先后调查中国海产软体动物并发表一些新种；Jordan，D. S. 和 Seale，A. 于1905年报道了上海和香港的鱼类；1927年中山大学生物学系主任费鸿年组织了海南岛沿海生物考察；1934年中国科学社生物研究所等6个单位组建海南岛生物科学采集团；1935年北平中央研究院动、植物研究所由伍献文、王家楫、唐世凤负责，组织了渤海和山东半岛沿海的海洋学和生物学调查，考察内容涉及海产生物和渔业；1936年由张玺领队组建胶州湾海产动物采集团；1937年下半年至40年代末，由于抗日战争，中国海洋生物科学的研究几乎停顿，仅在1941年4～10月，由马廷英、唐世凤等组成的福建东山海洋考察团进行了一次海洋考察；1956～1959年中国科学院动物研究所、中国科学院海洋研究所、上海水产学院曾联合或单独进行多次西沙现场考察；1957年7月，中国拥有第一艘海洋调查船“金星”号，由中国科学院海洋生物研究所进行了渤海和北黄海西部的海洋综合调查，并与黄海水产研究所、海军和山东大学海洋系等单位协作，完成多次同步观测，调查项目包括浮游生物、鱼卵、仔稚鱼和底栖生物的调查；1958年9月在国家科委海洋组的具体组织下，由中国科学院、水产部、交通部、中央气象局、海军等10个部门和沿海省市所属研究所、高等院校共60多个单位联合进行了全国海洋综合调查，这是我国规模空前的一次调查，人员上千人，动用调查船只达30余艘，取得各种资料报表近10多万份，图表3万多幅，样品标本1万多号，其中包括海洋生物调查项目，这是我国海洋科学发展史上一个重要的里程碑；1973～1978年中国科学院南海海洋研究所，以该所“实验”号调查船为主，共进行11航次的综合考察，航程达3万多海里，遍及西沙群岛，两次登上黄岩岛，取得该海域的一大批生物样品；1975年国家海洋局在东经124°以东进行综合调查，调查面积约2.85 $\times 10^5$ km^2，采集了一批底栖生物、浮游生物和微生物样品；1984年国家组织南极考察队，至今已实施17航次的考察，涉及海洋生物方面，以及对南大洋生态系统动态变化和碳的生物地球化学研究，探索了普里兹湾大磷虾种群结构、生殖生物学、富含氟机理研究，并提出该项资源的开发模式；1984年起，先由中国科学院，后改由科技部牵头，组织有关部委参与的南沙群岛及其邻近海区的海

洋综合科学考察的实施，至今已近20年，对该海域海洋生物资源、生物种类多样性已有较详细记载，为今后南沙群岛海区的建设和开发，做出了积极贡献。

台湾于1989年在彭佳屿附近开展历时5年的黑潮边缘海水交换作用研究。

海洋渔业资源调查 20世纪50年代开始，对海洋渔业资源调查进行了较有系统的工作。

1951年水产部门开始在河口进行渔业资源调查；1953年水产部、科学院和有关高校联合对烟威外海渔场及其附近海区鲐鱼资源进行调查，该项调查一直延续到1957年；在此期间还进行了黄河口小黄鱼调查、东海越冬渔场调查和大黄鱼资源调查；1956年对东海带鱼渔场进行调查；1954～1956年，一直持续南海北部和北部湾底层鱼类资源和渔场的调查；1963年水产部组织了五省一市的渔业研究单位，连续6年对渤、黄、东海鱼类资源开展调查；1975年开展了历时3年的闽南渔场调查；1978～1982年先后分别在南海北部陆坡和东海陆架外缘、水深120～1 308 m进行深海生物资源调查，对东海水珍鱼、南海深水虾的发现具有开发价值；1981～1985年先后在渤海和黄海进行了水域生态环境、生态系统及资源管理和增殖基础的调查，重点分析和研究了多鱼种资源结构、食物关系、补充特性和水域增殖潜力，为以后开展鱼虾资源放流增殖提供依据；1984～1988年应用声学评估出黄、东海鳀鱼越冬群体蕴藏量波动在2.8×10^6～3.0×10^6吨；1985～1986年进行长江口附近水域海洋学和渔业资源调查，初步建立了三峡工程对河口区生态环境与渔业资源影响的动态模型；1987～1988年由厦门大学、福建海洋研究所、福建水产研究所承担北纬21°00′～24°00′，东经116°00′～119°00′区域的闽南—台湾浅滩渔场上升流区生态系研究；1987年起首次对南沙海域渔业资源进行调查，获得南沙群岛南部陆架共有的底层经济鱼、虾类105余种，发现有5个具有开发前景的底拖网渔场，资源蕴藏量近150 000吨，在南沙岛礁和深海区，前者具有岛礁鱼类，后者具有金枪鱼和上层鱼类资源，是手钓、延绳钓作业的重要渔场。

开展国际合作调查 从20世纪50年代开始，中国就参加西太平洋四国（中、苏、朝、越）渔业会议；1957～1958年中国和前苏联合作对东、黄海底层鱼类越冬场进行了试捕调查，查明底层鱼类在越冬场的分布状况、集群规律及其栖息条件，察觉到小黄鱼和比目鱼资源正面临过度捕捞的危险；1959年和1963年中国曾两次和越南联合进行北部湾海洋综合调查，包括浮游生物、底栖生物和鱼卵、仔稚鱼等海洋生物调查；1986年开始为期7年的中日合作黑潮调查研究，调查区域包括整个东海和琉球群岛以东及日本以南的西北太平洋区域；80年代以来，海洋科技合作得到进一步发展，包括中美、中俄、中法、中日、中朝、中韩等的合作调查。

奠定海洋动植物分类区系 中国海藻分类研究开始于20世纪30年代初，至1940年在中国海岸线已采到数千号标本，1954年以后各研究单位和大学已进入实验室研究阶段。1962年出版的《中国经济海藻志》描述了100种海藻的形态、生长、分布和主要用途，1983年出版的英文版《中国常见海藻》描述了512种。1984年曾呈奎与同行共发现蓝藻门1个新科，其他藻类5个新属和83种新海藻，将在最近完成《中国海藻志》的编写。在区系研究方面，确定黄、渤海的海藻具有明显的温水性，属暖温带，即北太平洋温带区系的东亚亚区。东海的海藻也仍属于暖温带，但亚热带种有所增加，属印度—西太平

洋的中国－日本亚区。南海海藻属暖水性，其北部属亚热带性，其南部属热带性，属印度－西太平洋的印度－马来亚区。在海藻形态和生活史方面突出的贡献，是对海带和紫菜的基础研究和人工养殖事业的创建。

中国硅藻研究始于厦门。早在1935年金德祥研究了硅藻数量变化与盐度的关系；1948年Sproston记录了舟山群岛177种硅藻；1956年金德祥对九龙江口海水附着硅藻鉴定了116种；1965年金德祥发表的《中国海洋浮游硅藻类》记录了248种；1974～1975年郭玉洁记录了东、西沙群岛硅藻114种；1990年金德祥共报道822种。郑守仪在有孔虫和谭智源在放射虫的分类共计3 000种左右，纤毛虫研究较少，仅300种左右。李锦和研究海绵动物近100种；张金标、许振祖和唐质灿研究水螅水母类600余种；邹仁林研究造礁石珊瑚174种；裴祖南研究海葵100余种；研究扁形动物近600种，但线虫的研究甚少；软体动物和甲壳动物研究甚多，类群也繁杂，这两类群分别各有3 000多种；吴宝玲、孙瑞平和杨德渐研究环节动物近1 000种；刘继兴研究的苔藓动物和廖玉麟研究的棘皮动物各占500余种。中国海脊索动物已记录3 284种，其中鱼类3 032种占最多种数，其他类群种数较少。

发展海洋渔业　中国近海渔业开发从20世纪50年代以后大体上经历三个阶段：一是稳定发展阶段，表现为渔业资源潜力较大，单位产量和总产量随着捕捞强度的增加和捕捞技术的提高迅速上升，此阶段海洋生物学的工作是以主要捕捞对象的生物学、洄游分布、数量变动和资源评估为中心的种群动态研究为主，进行渔场、渔讯和渔获量预报。二是生产停滞阶段，近海渔业资源已经被充分利用，总产量与捕捞力量的增加失去平衡，单位产量逐年下降，渔获物日趋低龄化、早成熟、个体小型化。三是捕捞过度时期，总产量达到3.0×10^6吨，生产基本处于徘徊不前，到80年代末，随着捕捞力量的加强、渔船无控制增加，总产量又有明显增加，但单位产量大幅度下降，渔获物严重低值化，此阶段海洋生物学的工作以近海资源保护、管理和增殖为中心，侧重于渔场生态环境、饵料基础、种间关系、渔业资源的数量、种群结构和补充鱼群的年间变化、资源增殖潜力和生态容量的研究。

回顾20世纪50年代至80年代末，中国近海渔业由发展昌盛期转为下降期，分析其主要原因是：1. 渔船急剧增加，管理限制不力。2. 各种捕捞网具太多，特别是底拖网，作业中对渔获选择性较差，严重破坏渔业资源和生态环境。3. 长期形成的捕捞结构不合理未得到有效解决。4. 执法不严，导致管理漏洞多。

从90年代初，沿海各省组织远洋渔业公司，从近海渔业向远洋渔业发展，迈出了一大步，并取得较好经济效益。其一是在公海或大洋作业，如对北太平洋白令海和鄂霍茨克海的狭鳕渔业、印度洋和南太平洋的金枪鱼延绳钓渔业、日本海的鱿鱼钓渔业。其二是在外国的专属经济区内从事捕捞作业，如对西非沿岸、印度洋西部和南美近海渔业。这是在引进国外先进的渔具和捕捞技术的基础上发展起来的，同时将生产基地、加工、销售建立在国外，取得较好的效益。

海洋生物学研究发展栽培渔业　20世纪50年代，曾呈奎及其合作者开始对海带生长周期、孢子囊的形成和采孢子方法等的探索，继而进行海带配子体、幼孢体的培育及其条件的研究；发现紫菜果孢子萌发后，可以钻进贝壳长成丝状体，丝状体成熟，散放孢子，孢子在基质上长成紫菜叶状体。上述的生物研究成果，奠定了海带和紫菜养殖理

论的新成就，并促成我国人工海藻养殖的重大进展。

在贝类养殖方面，苗种来源和生产是一个关键性问题。首先发现贻贝天然采苗低的原因，是由于附着基不够而引起的，将废弃海带梗用于贻贝苗采收，取得良好效果。继而大力发展人工育苗、促熟亲贝、生殖调控、幼虫培养、诱导变态、苗种中间培育、饵料筛选和培养、病害防治等生物学问题研究，通过大量试验，取得显著的进展，从过去仅牡蛎、贻贝单纯品种养殖，扩大到蛏、蚶、蛤、鲍、扇贝等数十种的养殖，并引进海湾扇贝大规模养殖，取得产量和经济效果的巨大收益。

20 世纪70 年代以来，随着国际市场对虾类的需求，国内集约化养虾生产应运而生，生产规模扩大，产量也上去了。但由于过去对该类群的生物学基础研究不够，特别是对养殖发生病害和养殖环境缺乏深入探讨，以致一旦病害蔓延，一时措手不及。到80 年代末，对虾养殖面积缩小，产量下滑，出口也受到严重冲击。经过4～5 年的停滞，对虾养殖才逐渐复苏，并有所创新，首先改革虾池，建设在高水位上，池底铺上地膜，控制水环境，以健康养殖对虾为目标，在一些新养殖区取得较好效果。在养殖品种上，改进70 年代单一品种养殖，现已发展到斑节对虾、墨吉对虾、长毛对虾、日本对虾、刀额新对虾等养殖，根据不同地区和季节，开展多品种养殖，最近增加瓦纳米对虾（南美白对虾）和蓝对虾的养殖，也取得良好的收益，如2000 年对虾总产量达到210 000吨。但对虾养殖生产仍然存在潜在的威胁，其一是如何在国际贸易市场中面对竞争的挑战，其二是必须完善养殖技术创新，特别是对多发病的防治、养殖水质净化、水环境保护和多元化混合养殖模式的建立都是至关重要的。总之，必须加强这一领域生物基础研究的力度。

虽然鱼类养殖技术研究历史并不太晚，但鱼类人工养殖进展却十分缓慢，其原因是鱼类养殖周期长，特别在北方沿海，冬季水温下降，生长和越冬受到限制；饵料、成本高于其他养殖类群；苗种依靠天然，人工育苗少，影响生产规模扩大。从20 世纪90 年代以来，海水鱼类人工培苗的关键技术取得明显突破，目前已取得人工培养越冬亲鱼、催产、自然产卵受精、种苗培育工艺以及饲料营养强化技术等成功。今后需继续拓宽研究领域，在大量生物应用基础研究基础上，发展高新技术以改造传统的养殖业，提高养殖的生态效益和综合经济效益。

参考文献

邓景耀，赵传絪等：《海洋渔业生物学》，北京：中国农业出版社，1991。

沈国英，施并章：《海洋生态学》，北京：科学出版社，2002。

邵广昭，杨瑞森等：《海洋生物漫谈》，台北：中山文化基金会，台湾书店，1998。

曾呈奎，周海鸥，李本川：《中国海洋科学研究及开发》，青岛：青岛出版社，1993。

（陈清潮）

中国珊瑚与珊瑚礁的研究（Studies on Coral and Coral Reef in China）

珊瑚类是动物分类上腔肠动物门 Coelenterata（刺细胞动物门Cnidaria）珊瑚虫纲Anthozoa 的通称。中国海已记录的珊瑚虫纲包括石珊瑚目 Scleractinia、角珊瑚目 Antipatharia、苍珊瑚目 Helioporacea、根枝珊瑚目 Stolonifera、柳珊瑚目 Gorgonacea 和软珊瑚目 Alcyonacea。石珊瑚目根据是否含虫黄藻 Zooxanthellae，从其生态、生物学角度又区分为造礁石珊瑚（含虫黄藻

Gymnodinium imcroadriaticum、多数生于30 m以浅的群体珊瑚）和非造礁珊瑚。除造礁石珊瑚外，水螅虫纲的多孔螅和柱星螅、珊瑚藻等藻类、苔藓虫和管栖多毛类等也参与造礁。

珊瑚礁生态系统是个动态的生态学过程。通常分为沿岸的岸礁、近岸的堡礁和大洋中的环礁，还有桌礁和点礁类型。

造礁石珊瑚的生长需要有适宜的水温（23 ℃～28 ℃最佳，18 ℃以下、30 ℃以上的均不宜生长）、清澈的水质（悬浮物多的河口、低盐水域不宜石珊瑚生活）、充足的光照（共生的虫黄藻光合作用需要光，通常在30 m以浅才有足够光线）和坚硬而稳定的底质。因此，珊瑚礁的分布通常仅局限于南北纬28°之间的海（洋）域，以低纬度的热带海域最为繁茂。珊瑚礁是热带海洋生态系统的最主要表征之一。造礁珊瑚的生长率因水温和光照的升高而加快。水温的年季节变化，会使珊瑚礁骨骼留下环纹，这是古地质和古气候研究的主要依据。在中国南海诸岛的研究表明，造礁珊瑚的生长率平均9 mm/年（最小5 mm/年，最大20 mm/年）。

一、中国海珊瑚的种类和分布

根据邹仁林、戴昌凤等的考察和总结前人的研究成果，中国海已经记录石珊瑚目286种、角珊瑚目39种、苍珊瑚目1种、根枝珊瑚目4种、柳珊瑚目69种、软珊瑚目135种。此外，尚有群体海葵目30种、海葵目37种、角海葵目2种、海鳃目11种和石花虫目1种，这些也是属于腔肠动物。表5列出了11处海域造礁石珊瑚已记录的种类。

研究和考察表明，中国大陆沿海自福建东山岛至广西北部湾都有造礁珊瑚分布，北部湾的涠洲岛、雷州半岛、香港岛东南虽有较为繁茂的造礁珊瑚，但都未发育成典型的岸礁。海南岛南岸和台湾岛南岸（恒春半岛）有典型的岸礁。西沙、南沙和东沙、中沙有典型的环礁。

二、中国海珊瑚的研究历史

早期Bassett-Smith于1890年、马廷英于1937年报道过南沙、东沙和海南岛造礁珊瑚的分类和生态。40～50年代，马廷英、郭令智、颜京松和苏联ДB. HayMoB、日本川口四郎、平垢恭介、早坂一郎等对海南岛、台湾的造礁珊瑚和珊瑚礁也有过研究。70年代以来，对中国海的珊瑚和珊瑚礁有了较深入、

表5　中国海域已记录的石珊瑚属、种数

海域	记录数		根据
	属	种	
曾母暗沙	29	45	《曾母暗沙》调查报告，邹仁林等，1987
太平岛	56	163	《中国动物志·造礁石珊瑚》，邹仁林，1997
蓬勃暗沙等10座礁	33	94	《南沙调查报告》，张元林、邹仁林，1989
西沙群岛	38	127	邹仁林，1997
东沙群岛	34	101	邹仁林，1997
黄岩岛	19	46	邹仁林，1997
台湾及邻近小岛	58	243	戴昌凤，1999
海南岛	34	110	邹仁林，1997
广东、广西沿岸	21	45	邹仁林，1997
香港东部海域	21	50	Morton，1994、1999
福建东山岛	6	6	黄宗国、邹仁林，1999

系统的调查研究。主要有对造礁珊瑚的系统工作，如60年代对海南岛及广东、广西沿岸，70年代对西沙群岛，80年代对南海北部和南沙以及80～90年代对香港造礁珊瑚的系列研究，完成了《中国动物志·造礁石珊瑚》(1997)、《海南岛浅水石珊瑚》(1975)、《南海珊瑚》(1981)、《珊瑚及其药用》(1989)、《红珊瑚》(1993)等专著及许多论文。唐质灿研究了1958年全国海洋综合调查采集的非造礁标本及其他标本，并总结了他人的成果，完成了《中国动物志·非造礁石珊瑚》(2000)。周近明、李楚璞对南沙等南海诸岛的角珊瑚和软珊瑚也分别进行了研究。

戴昌凤于1981～1987年对台湾南部珊瑚进行调查，并对1 340号标本进行鉴定，同时综合1935年以来马廷英、杨荣宗和Jones等10位学者的记录，1991年在*Atoll Research Bulletin*, No. 354发表了Reef environment and coral fauna of southern Taiwan一文，记录了234种石珊瑚、2种八放珊瑚、7种多孔螅及47种软珊瑚，以及各种在0～25 m等3个深处的分布。1989年在《台湾的珊瑚》一书中记录了217种石珊瑚及67种其他珊瑚和10种多孔螅及柱星螅，并有精美的水下彩照。1989～1997年，发表了Scleractinia of Taiwan (I～IV)，系统进行逐种分析，并与澳大利亚、日本、菲律宾、印尼及南海进行比较。这项研究综合和订正了以往的成果，也明确了台湾南部石珊瑚的区系。Morton B.、Cope M.、Scott、Veron和邹仁林等在80年代以来都研究过香港的珊瑚，在这么小的区域内竟记录了50种造礁石珊瑚，对珊瑚的群落生态，特别是对钻孔软体动物，也有较深入和独到的研究。

三、中国海珊瑚及珊瑚礁生态系统的考察与研究

1. 南沙群岛环礁考察　1984～1994年中科院南海海洋所陈清潮等组织了多单位的南沙综合科学考察队，对南沙珊瑚礁及其海域环境进行了生态系统的综合和专项考察，9航次对29座礁进行了63批次登礁考察，包括美济礁（8批次）、信义礁（7批次）、永暑礁（6批次）等。这些礁体发育深度大于1 000 m。记录了128种造礁珊瑚，主要是滨珊瑚*Porites*、蜂巢珊瑚*Favia*和菊花珊瑚*Goniastrea*等抗浪性强的属为优势种，及鹿角珊瑚*Acropora*、蔷薇珊瑚*Montipora*等。这期间还进行了11航次、591站的海域综合调查。以上调查已经记录了3 000多个物种，包括580种鱼（在礁坪上的优势类别是鹦嘴鱼科Scaridae、隆头鱼科Labridae、雀鲷科Pomacentridae和蝴蝶鱼科Chaetodontidae等典型的热带珊瑚礁鱼类）。

其间，1984～1986年，对中国海域最南端的曾母暗沙进行了深入考察，用现代仪器校正了地理坐标，确定其主体是水下丘状珊瑚暗礁，发育在近50 m的海床上，面积2.12 km^2，礁缘水深40～60 m，礁顶水深17.5 m。水下电视表明礁丘水深25 m，浅水珊瑚及礁栖生物较多；25 m以深主要是死礁石和软珊瑚。礁体的澄黄滨珊瑚*Porites lutea*生长率为5.5 m/年，而礁体的增长率为3.2 mm/年。沉积物以珊瑚骨骼为主，还有钙藻、苔藓虫、海绵、多孔螅、有孔虫、软体动物和棘皮动物的碎屑。记录了44种石珊瑚和直立柔荑软珊瑚*Nephthea erecta*等6种软珊瑚和8种角珊瑚。水域初级生产力为240 132 mg C/m^2/d，属热带较高生产力区。记录了浮游植物157种、浮游动物141种、鱼类53种、底栖生物117种，属热带生物区系。经过对南沙10年的调查研究，出版了《南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告》等13册专著和文集以及10篇学术论文。

2. 西沙珊瑚礁调查研究　自1973年开

始，中科院南海海洋所和中科院海洋所先后对西沙的18个岛、洲、礁进行了多次反复调查。邹仁林于1978年辑录了西沙造礁石珊瑚113种，其他珊瑚9种；并对石珊瑚群落进行概括性分析，指出了礁平台和向海斜坡珊瑚的分带（鹿角珊瑚带和菊花珊瑚带）和环礁泻湖以鹿角珊瑚为优势种的群落特点。造礁石珊瑚繁茂东北向流小，美丽鹿角珊瑚和匍匐鹿角珊瑚等繁茂西南向流大，几乎都是死的珊瑚石。1980年邹仁林对中建岛和赴述岛四个方向的石珊瑚群落做了进一步分析。中科院海洋所于70年代对西沙珊瑚礁的生物区系进行了大量的调查和研究。庄启谦等研究了金银岛和东岛的礁平台分带特点，丰富和佐证了邹仁林的研究结论，同时指出两个岛礁平台向海外侧存在以粉红色的孔石藻 *Porolithon onkodes* 为优势种的珊瑚藻带，作为大洋标志的藻脊，但其隆起程度不如马绍尔群岛。用^{14}C测得西沙珊瑚礁的绝对年龄为5 000年左右。分析了钻井347～802 m岩心段中新世地层的古生物，发现有钙藻、珊瑚、有孔虫、介形虫、苔藓虫等10个门类，其中钙藻有42种。总之，近50年来，对西沙的造礁珊瑚和珊瑚礁已有较多的调查研究。

3. 中沙和东沙考察　在中沙黄岩岛，记录造礁珊瑚20属46种。在东沙，历史上记录造礁珊瑚28属70种；戴昌凤报道，东沙是面积约100 km^2、呈马蹄形的大环礁，退潮时露出水面，中央泻湖深约10 m，记录石珊瑚17属45种，优势种顺序为鹿角珊瑚、滨珊瑚、杯形珊瑚，和台湾南部恒春半岛很相似。

4. 台湾及邻近小岛调查研究　马廷英、日本川口四郎等于30～40年代报道过台湾鹅銮鼻、苏澳等处的造礁珊瑚；70年代Randall等研究过台湾珊瑚礁；80年代至今，台湾大学杨荣宗和戴昌凤系统地研究了台湾的珊瑚礁，戴昌凤深入研究了台湾的造礁珊瑚，并与澳大利亚大堡礁进行对比研究。

戴昌凤的研究表明，就水温（最低温在18 ℃以上）而论，台湾沿海均适合珊瑚生长，但西部海岸由于缺硬底质，不适合珊瑚生长；北部、东部和南部沿海以及邻近小岛，除部分河口区和沙滩地段外，一般均有珊瑚分布，其中以恒春半岛、小琉球、绿岛和兰屿沿岸最发达。本岛北部沿海的珊瑚不成礁，仅限于群聚形态，以表覆形和叶形居多；东部以苏澳、三仙台沿海生长最佳，特别是附着于大礁石向海斜坡，以团块状和分支状最为常见；南部恒春半岛是本岛珊瑚生长最佳的地区，隆起的珊瑚礁属岸礁型，已记录石珊瑚208种和软珊瑚40种。台湾本岛邻近的众多小岛，仅小琉球为隆起的珊瑚礁岛（其余皆为火山岛），岛表面被珊瑚石覆盖，海岸则为隆起的珊瑚礁环绕，高度约7 m，宽100 m，前缘与海面下的现生珊瑚连接，该岛的珊瑚礁为4个台地组成的桌礁，已记录177种造礁珊瑚，主要为*Acropora*、*Montipora*、*Favia*、*Favites*、*Pocillopora* 和*Goniastrea* 等，和恒春半岛的区系类似。绿岛和兰屿两个小岛，沿岸皆有隆起的珊瑚礁，前缘与海面下的珊瑚礁相连。澎湖群岛有64个岛、礁，虽无隆起露出海面的珊瑚礁（石），但岩石前端附近皆为珊瑚礁，有向海岸外延伸约10 km的珊瑚石，为标准的岸礁，因年温差大，有许多死亡的珊瑚礁石。

5. 海南岛珊瑚礁的调查研究　1958年，中苏海洋生物考察团在海南岛南部鹿回头、新村及附近小岛、北部的新盈进行珊瑚礁生态调查，初步鉴定了60种珊瑚。以后还有多次的生态调查，其中邹仁林进行了较系统研究，并著有《海南岛浅水石珊瑚》一书，记录了34属110种和亚种。海南岛南部是中国近海热带和亚热带生物区系的界线，这里的珊瑚礁也体现出了这个特点。

6. 中国大陆沿岸及香港珊瑚研究　对广西北部湾涠洲岛、广东雷州半岛和大亚湾等处及福建东山的造礁珊瑚进行调查，在广东和广西大陆沿岸记录21属45种，在福建东山记录*Cyphasstrea serrailia* 等6种造礁珊瑚。大陆沿岸的造礁珊瑚不成礁。

香港西部是珠江，仅本岛南端的鹤咀、大鹏湾、海下湾及吐露港有造礁珊瑚分布。Morton、邹仁林、Scott、Cope等，以及许多外国学者对香港的珊瑚及珊瑚礁的生物群落进行了比较深入的研究。

四、珊瑚礁保护与持续利用

珊瑚礁，特别是岸礁，由于人为的采捕和人类活动，已受到威胁。在海南岛南部，1990年建立了"三亚珊瑚礁国家级自然保护区"，面积8 500 ha，以保护珊瑚礁生态系统，同时进行珊瑚移植研究。1984年在台湾南部建立了垦丁公园，以保护南湾等恒春半岛珊瑚礁。1994年香港建立了鹤咀海洋保护区和海下湾海岸公园，主要是保护两处的珊瑚（礁）生态系统。近年，对珍稀的红珊瑚（*Corallium* spp.）也做了专题研究，并出版《红珊瑚》（邹仁林等，1993），为开发利用珊瑚资源提供依据。对珊瑚的活性物质也进行过研究，为海洋药物资源的利用做准备。

五、展望

20世纪，中国对有造礁石珊瑚和珊瑚礁的海岸和海洋，几乎都开展过调查研究，对中国海现生石珊瑚及珊瑚礁已有整体认识。其中，对海南岛、台湾南部和香港东部进行了较深入的调查研究。对西沙和南沙环礁进行了多次生态系统综合考察。今后，对近岸石珊瑚的保护还需加强；对南海诸岛的珊瑚礁生态系统还需进一步调查和研究。

参考文献

邹仁林：《中国动物志·腔肠动物门·造礁石珊瑚》，北京：科学出版社，1997。

唐质灿：《中国动物志·腔肠动物门·深水石珊瑚》，北京：科学出版社，2000。

黄宗国：《中国海洋生物种类与分布》（修订版），北京：海洋出版社，2000。

戴昌凤：《台湾的珊瑚》，台湾省政府教育厅，1989。

Morton，B.：Hong Kong's coral communities：status，threats and management plans. *Marine Pollution Bulletin*，29：74～83，1994。

（黄宗国）

中国红树林研究（Studies on Mangroves of China）

一、红树林的定义及其理论和实践意义

红树林是指热带海岸潮间带的木本植物群落。由于温暖洋流的影响，有的可以分布到亚热带。有的因潮汐的影响，在最高潮边缘具有水陆两栖现象。红树林中生长的木本植物叫红树植物。其他草本植物或藤本植物，列入红树林伴生植物。

红树林研究具有多方面的意义：1. 通过网罗碎屑的方式促进土壤的形成，抵抗潮汐和洪水的冲击，保护堤岸；2. 过滤陆地径流和内陆带出的有机物质和污染物；3. 为许多海洋动物（包括渔业、水产生物）提供栖息和觅食的理想生境；4. 是为近海生产力提供有机碎屑的主要生产者；5. 提供植物本身的生产物，包括木材、薪炭、食物、药材和其他化工原料等；6. 红树林是可以进行社会教育和旅游的自然和人文景观。开展红树林研究不仅有重要的理论意义，还有现实的经济意义。

二、红树林的种类分布

世界红树林共分两大区，即：西方类群（或称大西洋—东太平洋类群，Atlantic-East Pacific Group）和东方类群（或称印度—西太平洋类群，Indo - West Pacific

Group)。世界红树植物种类共20科27属70种。

中国红树林是属于东方类群（即印度—西太平洋类群）的东北亚沿岸。在海南、广西、广东、福建、台湾五省（区）沿海有自然分布，浙江省引种一种秋茄获得成功。红树植物种类除海南岛较多达25种外，各省（区）随纬度的提高种类逐渐减少。目前已知种类为20科16属26种和1变种，即：卤蕨（*Acrostichum aureum*），尖叶卤蕨（*A. speciosum*），柱果木榄（*Bruguiera cylindrica*），木榄（*B. gymnorrhiza*），海莲（*B. sexangula*），尖瓣海莲（*B. s.* var. *rhynochopetala*），角果木（*Ceriops tagal*），秋茄（*Kandelia candel*），红树（*Rhizophora apiculata*），红海榄（*R. stylosa*），小花老鼠勒（*Acanthus ebracteatus*），老鼠勒（*A. ilicifolius*），厦门老鼠勒（*A. xiamenensis*），红榄李（*Lumnitzera littorea*），榄李（*L. racemosa*），海漆（*Excoecaria agallocha*），木果楝（*Xylocarpus granatum*），桐花树（*Aegiceras corniculatum*），水椰（*Nypa fruticans*），瓶花木（*Scyphiphora hydrophyllacea*），杯萼海桑（*Sonneratia alba*），无瓣海桑（*S. apetala*），海桑（*S. caseolaris*），海南海桑（*S. hainanensis*），大叶海桑（*S. ovata*），银叶树（*Heritiera littoralis*），白骨壤（*Avicennia marina*）。而半红树植物有10种，即：玉蕊（*Barringtonia racemosa*），海芒果（*Cerbera manghas*），海滨猫尾木（*Dolichandron spathacea*），阔苞菊（*Pluchea indica*），莲叶桐（*Hernandia sonora*），水黄皮（*Pongamia pinnata*），水芫花（*Pemphis acidula*），黄槿（*Hibiscus tiliaceus*），杨叶肖槿（*Thespesia populnea*），钝叶臭黄荆（*Premna obtusifolia*）。

三、中国红树林研究简史和主要学者的贡献

就现有资料分析，中国红树林研究可以分成五个历史发展阶段：

红树植物的分类学阶段　50年代初期至1955年以前是中国红树林研究启蒙和认识的阶段，它的研究内容主要是红树植物的分类学。据Rollet在《1600～1975年间红树林研究的目录》一书所记载的中国红树林研究的资料，共有大陆的18篇，台湾省20篇。在这38篇文章中，最早的是Hooker和Arnott于1841年的The Botany of Cogtain Beechey's Voyage，记载有中国的桐花树种类。而后有记载红树植物的是J. L. Soubeiran于1874年在《中国药材》的报道，其中记载了红树属（*Rhizophora*）植物及其可作药用等。后来Dunn和Tatcher在《广东及香港植物志》(1912)上记载有红树植物种类，Kanchira在“台湾的木本植物的鉴定和木材特性”（1921）上记载有白骨壤、柱果木榄、角果木、红茄冬、海漆和榄李。后来的大部分文章，如侯宽昭、何椿年的“中国红树植物科志”和“中国红树林”（1953），何景的“福建植物区域与植物群落”（1951）中均以种类分布或分类学范畴报道过红树植物。虽然这些工作仅是在认识红树植物的分类地位上讨论，但他们都为开展红树林研究奠定了基础。在何景领导下，林鹏等在1953年开始就由分类学工作转向植物群落生态调查。

红树林群落生态研究的阶段　50年代中期至60年代中期（1954～1965），中国红树林研究已从植物分类学研究进入植物生态学研究阶段。从过去对红树植物只从分类学上来认识它，进入到资源调查和群落分析，比较有代表性的有：台湾的刘棠瑞的《红树林》（1954），福建的何景的“红树林生态学”（1957），广东的张宏达等的“雷州半岛的红树植物群落”（1957）。对红树林生境的

调查方面的有王颖的“红树林海岸”(1963)。在此期间，福建省林业厅为开发红树的单宁资源，在同安县策槽海滩创办了“红树林场”，大量扩种红树林100 ha 左右。与此同时，浙江省温州地区也大量从福建、广东引种多种红树植物，并取得一种红树植物秋茄试种成功，为中国红树北移、扩大分布提供了科学依据。

红树林研究复苏阶段　1976～1985 年，随着植被科学的发展，红树林研究开始复苏。随着地方和全国植被科学工作的蓬勃发展，沿海红树林这类特殊植被也得到关注和研究。通过《广东植被》(1976) 和《中国植被》(1980) 的编制和出版，使人们重新认识和重视红树林在保堤护岸和经济效益方面的意义。在中国植被工作中，林鹏参与红树林部分的撰写，而后应美国西部科学家协会特邀参加了“第二届国际红树林生物学和浅水群落学术会议”(1980)。林鹏先后发表了“中国东南部海岸红树林的类群及其分布”(1981)、“福建亚热带红树林生态研究”(1981)、“广西的红树林”(1983)、“海南岛的红树群落”(1985)。林鹏撰写的《红树林》(1984) 广为传播，成为后来年轻学者开展红树林工作的启蒙和向导。华南植物研究所高蕴璋结合海桑科植物志工作发表了“中国的红树林”(1981) 和“广东的红树林”(1985)等，表明红树林研究又重新引起重视。中山大学张宏达等深入进行了香港、澳门和深圳红树林的调查工作，发表了“香港地区的红树林”(1985)、《香港植被》(1988) 等。香港大学的Morton R. & Morton J. 发表了 *The seashore ecology of hong kong* (1983)。在台湾省，由于工业的发展，填海造地直接危及红树林，科学界和环保热心者发起保卫红树林的运动，促使“淡水河口红树林保护区”的建立。为此，《中华林学丛刊》1982 年出版了第1 号《红树林》专刊，阐明红树林的重要性和保护的迫切性，其中包括有柳木晋的“世界之红树林”、刘棠瑞的“台湾之红树林”、陈明义的“红树林之特性”、周昌弘和黄元勋的“红树林之生态”等10 篇文章，同样掀起了在台湾保护红树林、研究红树林的新高潮。由于保护红树林必须建立保护区，全国各地陆续建立了红树林保护区。

红树林生态系统研究的发展阶段　1985～1998 年，中国红树林研究从植物学到生态系统的结构（包括生产者、消费者和分解者）都得到迅速发展，生态系统功能方面的物质流和通过凋落物的能量流的研究也逐渐深入。对红树林区的底栖动物、鸟类、藻类、浮游生物以及微生物的研究都有较大发展，而对昆虫和脊椎动物的研究却刚刚开始；对红树林生理生态学研究也逐步发展起来。总之，这一阶段可算是中国红树林生态系统研究的鼎盛时期，全国红树林研究队伍也在扩大。厦门大学在林鹏带领下，以“红树林研究中心”为骨干，开展了3 个代表性红树群落——亚热带的秋茄群落、热带的海莲群落和热带亚热带过渡带的红海榄群落的研究，分别进行了8～15 年的工作；从海南到福建跨越5 个纬度北移引种4 个良种获得成功；统一了对红树植物种类范畴的界定工作，已为全国科学研究和管理工作者所接受和应用；在胎生胚轴“返祖现象”的适应性，污染物的净化，红树林区底栖动物、藻类和微生物以及红树林的分子生态学方面都取得了成果，发表了论文160 多篇，出版《中国红树林生态系》、《中国红树林环境生态及经济利用》(1995) 等专著4 部、红树林研究论文集4 本。中山大学在张宏达领导下开展了香港、澳门、广东沿海红树林群落学研究，陈桂珠等与香港城市大学黄玉山、谭凤仪等合作，进行了污染生态学研究等，发表了论文20 多篇、论

著1本。邓巨燮等首先开展了红树林区鸟类方面的研究。深圳福田红树林保护区的王勇军等也对红树林区鸟类开展了多年的连续研究，发表了多篇论文，并与各大专院校合作从事一些红树林生态学研究。东寨港红树林自然保护区与厦门大学合作开展海莲林的定位研究和有关生理生态学研究。广西红树林研究中心范航清等进行了广西红树林的生物量、林区动物、底栖硅藻、红树植物的胚轴发育特性和育苗试验等研究，发表了论文30多篇，主编《中国红树林研究与管理》专著1本。中国林业科学院热带林业研究所红树林课题组郑德璋等在海南清澜港对红树林的红树植物适应性、生物量和生产力、演替和经营管理方面做了研究，发表了20多篇论文及《海南岛清澜港红树林发展动态研究》(1995) 专著1本。浙江温州地区林业局在引种红树林、延长海岸带红树林方面做了许多试验性工作，发表了一些论文，在红树林区昆虫方面也做过一些研究。台湾的周昌弘、王子定、刘棠瑞、陈明义、唐让雷、许文圣等人在台湾红树林分类学、生态学、经营管理和观光旅游等方面都撰写了不少红树林研究论文，并有一些红树林区动物、浮游生物的报告。薛美莉发表了《消失中的湿地森林——记台湾的红树林》(1995) 的专著。黄生等发表有关红树林遗传生态学论文多篇，并撰写了《台湾红树林》(1998) 专著1本。香港大学Morton 和李成业等在香港米埔红树林保护区的植物生物量、动物生态等方面做了不少工作，发表了多篇论文和著作。香港城市大学黄玉山、谭凤仪除与中山大学合作进行红树林污染生态学研究外，还与厦门大学合作进行红树林区CH_4 的排放研究等，并主办了国际会议，撰写了*Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems* (1995)。

四、红树林研究的发展趋势

中国红树林研究方向是值得大家来探讨的。目前尚无法预料，但从国内外的研究动向来看，大致有四个发展方向：其一是向生产靠拢，把研究成果列入国民经济发展的轨道，但由于中国现有红树林面积，尤其是成年林很少，木材生产已不大可能，因此必须向原料少、效益高的红树林药物方向发展，并进行大量造林；其二是向宏观生态学发展，研究红树林的发展与全球气候变化的关系；其三是向微观生理生化方向发展，研究红树林的高生产率、光合特性、适应盐生机制等；其四是向生态系统分析方向发展。为把红树林生态系统管理好，应进行计算机管理和把红树林区的植物、动物和微生物及其与物流、能流、信息流的关系进行生态系统分析及建立模型。这些展望在中国红树林研究学者的共同努力下，一定会创造出更加辉煌的成果。

参考文献

林鹏：《中国红树林生态系》，北京：科学出版社，1997（中文版）；1999（英文版）。

林鹏：《红树林研究论文集》（第1～4集），厦门：厦门大学出版社，1990，1993，1999，2000。

范航清，梁士楚主编：《中国红树林研究与管理》，北京：科学出版社，1995。

（林　鹏）

古生物学

(Paleontology)

古生物学是研究地史时期中的生物及其进化的科学，即根据保存在地层中的化石，研究地史时期生物的形态、构造、分类、分布、进化关系等。古生物学对阐明生物的发展历史、确定地层的地质年代、推断古地理环境、研究地壳的演变规律、普查勘探各种沉积矿

床等都具有重要意义。古生物学可分为古动物学与古植物学。随着近代生产发展的需要和科学研究的进展,还建立了微体古生物学、古孢粉学及古生态学等。近年又发展了超微古生物学、化石岩石学等新兴的学科。中国的古生物学在20 世纪的发展可分为三个阶段,以1949 年和1978 年为界。

1949 年前　早在19 世纪中叶,外国旅行家从中国药店买到石燕、蝙蝠石和珊瑚化石,请古生物学家鉴定,借以了解中国有什么时代的地层。20 世纪初,李希霍芬(Von Richthofen)和维理士(Willis)在中国采集大量化石,为我国生物地层学提供了资料。丁文江在西南地区采得的化石,是1914 年由美国古生物学家葛利普(Grabau)鉴定的。1920 年,丁文江聘葛利普为中国地质调查所古生物研究室主任,兼任北京大学教授。这是为了中国地质事业的发展,研究地层划分与对比的需要,以便培养我国自己的古生物学专门人才。数年后,我国研究古生物学的人逐渐增多,有了中国自己的第一批古生物学专家,他们成为这门学科在中国的奠基者。李四光20 年代在解决中国石炭纪地层问题时,重新提出了蜓科半定量分类标准,使中国古生物学的这个领域跃居世界先进水平,他的权威著作《中国北方之蜓科》和《蜓科分类之标准及二叠纪之七新属》闻名世界。孙云铸对三叶虫、珊瑚、头足动物、笔石、海林檎、海百合诸门类研究成就卓越,他于1924 年发表的中国人研究古生物的第一部专著《中国北方寒武纪化石》,开创了中国学者研究古无脊椎动物化石的历史。赵亚曾对腕足动物和头足动物的研究造诣很深,他于1927 年发表的专著《中国之长身贝科化石》被公认为是具有世界水平的。此外,田奇瑞对腕足动物、海林檎、海百合的研究,尹赞勋对头足动物和双壳动物的研究,俞建章对珊瑚和头足动物的研究,陈旭对蜓的研究,黄汲清、乐森珥和计荣森对珊瑚的研究,许杰对笔石的研究,卢衍豪、盛莘夫和王珏对三叶虫的研究,赵金科对头足动物的研究,秉志对昆虫的研究,杨钟健对脊椎动物的研究,斯行健对古植物的研究,裴文中对古人类的研究,均为一流的工作。他们的这些出色工作大大丰富了古生物学的内容。

裴文中1929 年发现第一个完整的北京猿人头盖骨化石,1933 年发现山顶洞人化石,轰动当时国际学术界,成为人类学研究史上重大发现之一。杨钟健1927 年发表《中国北部之啮齿动物化石》,卞美年30 年代末发现禄丰蜥龙动物群,开创了中国学者研究脊椎动物化石的历史,引起世界瞩目。斯行健1931 年发表了《中国下侏罗纪植物化石》,1934 年发表了《中国中生代植物》等论著,引起国际学术界对中国古植物研究的重视。马廷英1933 年发表"一些古生代珊瑚生长之季节变化",1937 年发表《造礁珊瑚的成长率及其与海水温度的关系》等论著,他最先发现化石生长节律,对海洋古生物地理学做出了特殊的贡献,他还根据这一理论找出泥盆纪古赤道之所在,他的结论被后来的研究所支持。

1929 年成立了中国古生物学会,孙云铸当选为第一任理事长。这一时期中国古生物学界呈现出群星灿烂、成果辉煌的局面,论文专著大量出版,论文大多刊于《中国地质学会志》,专著则刊于《中国古生物志》。《中国古生物志》1920 年开始出版,分为古植物、古无脊椎动物、古脊椎动物和人类化石及史前文化4 种,每种再分为卷、册,或按各地区各时代动物群(如中国北部寒武纪动物化石群)或按门类(如中国长身贝动物化石)或按区域(如云南志留纪动物群)编为分册。每册以种属描述为主并附地层节要。在1949 年

以前的这一段时期内已出版120多册。《中国地质学会志》和《地质论评》由中国地质学会出版发行，中央研究院地质研究所和各省地质机构（如两广、湖南、江西、云南、四川）也出版数种古生物学论著。上述几种古生物学刊多为中国学者所著述，其中《中国古生物志》已被列为国际上地层古生物学的重要参考文献之一，也是我国古生物学发展史上重要的一页。1937年日本帝国主义发动的侵华战争使中国遭到破坏，古生物学的研究也处于分散甚至停顿状态。

抗战胜利后，大部分古生物学家聚集南京，当时恢复的中国古生物学会共有47名会员，成为中国地质学界一支相当可观的队伍，古生物研究也因而在中国地质科学事业发展中占据主要的位置。

1949～1978年 新中国成立后，古生物研究获得了新生，中国科学院古生物研究所的成立更为古生物学的发展奠定了坚实的基础。古脊椎动物研究室也扩大成研究所。各地质学校均设立了古生物地史教研室，同时，石油工业部、煤炭工业部、冶金工业部和各省地质局均有相应的古生物研究机构，研究人员的数量比1949年前增加达10倍以上。除《中国古生物志》继续出版以外，还创刊了《古生物学报》和《古脊椎动物与古人类》。中国科学院地质古生物研究所和古脊椎动物研究所创办了集刊。地质部地质研究所也创办了地层古生物学专刊。

在许多地区新发现寒武纪的动物化石群，尤以新疆、青海、宁镇山脉、三峡、浙西、秦岭、湘黔边境等最为重要，如新疆下寒武统中部*Palaeolenus*动物群、浙西上寒武统常山灰岩三叶虫、三峡中寒武世张夏层的*Anomocare*等。这些重要发现使人们对中国寒武系的认识更加深刻，同时证明了中国南、北两个不同的沉积中的三叶虫群多以太平洋为主要发源中心。对古生物新门类（如介形虫、苔藓虫、床板珊瑚）的研究结果使中国南部和西北奥陶纪的地层工作向前推进了一大步。如对笔石和三叶虫群的研究证实了三峡地区上奥陶统*Caradoc*层的存在，在祁连山地区发现的*Ceratopyge*和*Cardiograptus*具有极大的地层意义，在大兴安岭发现北极区奥陶纪腕足类、三叶虫和笔石。各地区不断发现的单笔石群使许多应属于志留纪的古老变质岩的时代获得了确定。发现了极有意义的晚志留世*Palaeofavosites*珊瑚动物化石群。在南岭地区发现大量前泥盆纪的大批笔石、三叶虫和腕足类化石。中国晚泥盆世植物群的发现和详细研究证明了中国晚泥盆世植物分布很广，五通群内发现的鱼类和植物化石对确定其时代有重要意义，大兴安岭*Cheiloceras-Prolobites*菊石群的发现首次肯定了中国上泥盆统有相当于法门阶地层的存在。石炭纪的古植物、孢粉和微体化石研究亦取得大量成果，如对本溪统G层铝土页岩植物群的研究、大量蜓科化石层位的增补和对比、新疆和南岭等区的腕足类化石研究等。浙西长兴灰岩和宜山上二叠统蜓科分带工作以及上二叠统上部*Paleofusulina*层位的发现对全国晚二叠世地层划分和对比起了很大的作用。对中国二叠纪标准蜓科化石层位的对比和分布的总结颇为重要。

用进化观点详细讨论和分析延长植物群对于东亚晚三叠世植物群的研究和对比都有很大意义。广西海相早三叠世菊石的分带研究具有重大的古地理意义。发现柴达木附近含有三叠纪孢粉组合的地层。早侏罗世香溪煤系的研究对华南中生代植物群时代的对比具有很大意义，确定了华北和东北分布很广的含狼鳍鱼层位时代为晚侏罗世而不是早白垩世。进行喜马拉雅区侏罗—白垩纪地层和箭石、菊石分带研究并直接和喜马拉雅标准

地层做对比。根据淡水软体动物化石肯定了松花江群时代为白垩纪。对新发现的大批恐龙材料的研究，进一步明确了青山统和王氏统分别为早、晚白垩世。对孢粉和植物化石的研究证明下惠回堡群应为白垩纪。

在南京方山玄武岩下面岩层中发现中新马。对云南开远森林古猿动物群的研究确定了小龙潭煤系的时代。对沿海地区第三纪的介形虫、有孔虫、轮藻、苔藓虫、海胆、斧足类和腹足类进行了深入的研究。对第四纪三门组的孢粉研究则提出了半干旱植物群。东北更新世晚期哺乳动物群的研究纠正了过去的一系列错误。蓝田公王岭和陈家窝蓝田人及其伴生动物群的发现具有世界性的影响。

尽管在这一时期的前期新中国刚建立不久，古生物研究也处于起步阶段，后期又遭十年浩劫，但这一时期我国古生物研究资料的积累和成果的发表仍然是硕果累累，为教学、科研、生产等单位培养和输送了大批人才。据不完全统计，有关于17个门类化石总结的《中国各门类化石》出版，有关于30个门类化石的各种手册和小丛书，以及一系列有关古无脊椎动物、古脊椎动物与古人类、古植物、微体古生物领域的重要专著发表。这些研究成果都受到国内外学术界的重视和好评。这一时期古生物研究所取得的成果和培养出的大批人才，为我国的地质普查勘探和找矿事业做出了重要贡献，也为“文化大革命”后我国古生物研究取得辉煌的成就打下了坚实的基础。

1978年以来　1978年中国古生物学会在山东临朐山旺召开了扩大理事会议，标志着中国古生物学又一个春天的到来，这是党的改革开放政策带来的成果，充分体现了我国古生物学工作者对发展中国古生物学事业的渴望与企盼。1979年在苏州召开了中国古生物学会第三届会员代表大会暨第十二次学术年会，出席会议503人，大会收到论文352篇，会议盛况空前，是我国古生物学史上具有重要意义的一次会议。这一年中国古生物学会被接纳为国际古生物协会的团体会员，中国古生物学界开始大踏步地走向世界。

我国一大批中青年古生物学研究人员脱颖而出，他们继承了古生物学先辈的优良传统与学风，活跃在国内和国际古生物学舞台上。他们在学术上取得了一系列重大的发现和举世瞩目的重要成果。如：在新元古界发现的赵家山生物群、龙凤山生物群、淮南生物群、庙河生物群和西陵峡生物群中所含化石之丰富，保存之精美乃世所罕见；澄江动物群的发现更是引起世界科学界的关注，被誉为“20世纪最惊人的科学发现之一”；凯里生物群是澄江生物群之后又一重要发现；汤山、和县等地一些重要古人类化石的发现为古人类的演化、迁移和活动提供了重要依据；早期陆生植物的研究、被子植物起源的研究、华夏植物群的深入研究、银杏目研究等取得的重要进展都受到国内外古植物学界的高度评价；热河动物群中原始鸟类和带毛恐龙的发现对研究鸟类的起源和演化具有非常重要的意义；我国关于南极古生物研究取得了重要成果；地球第三极青藏和新疆的古生物研究也取得了丰硕的成果。经国际奥陶系分会、国际地层委员会和国际地科联执行局批准，我国浙江常山黄泥塘剖面入选中奥陶统达瑞威尔阶的全球层型剖面点，成为我国获得的第一个金钉子剖面；我国桂林南边村泥盆—石炭系界线被国际地科联批准为副层型；我国长兴阶、乐平统被列入国际地质年代表；我国前寒武—奥陶系界线、奥陶—志留系界线、二叠—三叠系界线的研究都取得了重大的成绩。近年来，我国科学家在鸟类、哺乳动物及鱼类的起源和早期演化研究上获得重要的

发现与进展,引起国际学术界的高度重视。中国已成为当代国际古生物学研究的热点地区。

澄江动物群和热河生物群是这一系列重要成果中最典型的例子。

人们把寒武纪（距今5.4亿~5.0亿年间）动物生命的迅速适应辐射，称为“寒武纪生命大爆炸”(Cambrian Explosion)。寒武纪被称为创造“门”的时代，从原口动物各门到后口动物各门,各种基本造型都已奠定,其化石广布于世界许多地方。

1984年在距云南昆明东南80 km的澄江早寒武世筇竹寺组发现了所谓的“澄江动物群”。这是我国近年来古生物学领域中的重大发现之一,震动了国内外的地质古生物界。经过中外科学家们的研究，基本面貌已经显露出来。除常见的三叶虫、高肌虫、腕足动物、软舌螺外，还有罕见的水母和水母状化石、蠕形动物（包括曳鳃动物、环节动物)、海绵、非三叶虫节肢动物、非钙质藻类等,甚至还有脊索或半索动物等,现已定名61属67种以上。其中许多动物的软体组织构造保存极好，栩栩如生，能提供有关生物解剖、生态、亲缘等多方面的珍贵信息。澄江动物群比世界著名的加拿大不列颠哥伦比亚省产出的中寒武世布吉斯页岩动物群（已被联合国教科文组织列为世界级的化石遗产地名录）早了约1 000万年，接近“小壳动物”的高峰期，真是国之瑰宝。其生物体造型的分异度和悬殊度很大，正是所谓“创造门的时代”。最早的鱼形动物也出现于澄江动物群中，不断发现的新化石在世界上引起持续的轰动。

辽西是热河生物群的发祥地，是世界上少有的中生代化石产地。热河生物群是中生代东亚地区一个独特的生物群，是中生代晚期以鸟类、哺乳类和被子植物为代表的早期类型的生物群。据不完全统计，仅中国科学院古脊椎动物与古人类研究所和南京地质古生物研究所已发表的有关热河生物群的论文已达200余篇（册）。近些年来，由于辽西热河生物群特别是两栖类、鸟类、带“毛”恐龙、原始哺乳动物以及早期被子植物的发现和研究取得了突破性进展，世界两大权威刊物《自然》和《科学》连续发表了有关热河生物群重要化石门类的文章。热河生物群的生物组合十分丰富，它囊括了中生代向新生代过渡的众多门类的陆相生物化石，包括鱼类、两栖类、爬行类、鸟类、哺乳类，古植物、孢粉等，以及无脊椎动物的双壳类、腹足类、虾类、叶肢介、介形虫、昆虫和蜘蛛等。其中，早期鸟类、带毛恐龙、原始哺乳动物、早期被子植物等构成了20世纪古生物学研究的重大发现，对它们的研究成果，涉及现代生物界不少重要生物门类的起源和早期演化，为探索陆相生态系统的演变过程和规律，提供了可贵的实证。

热河生物群早期鸟类的发现和研究，不仅打破了100年来始祖鸟对早期鸟类研究的一统天下，而且使人们的目光从单一始祖鸟形态结构的描述和推断，进而转向早期鸟类的起源和演化上。有的国外学者把中国早期鸟类的发现比作“中生代原始鸟类的灯塔”，认为“我们对早期鸟类演化的了解，真正革命性的变化发生在中国最近的5年。它们的出现改写了鸟类进化的历史”。令世界古生物学家赞叹的，不仅有在辽西发现的十几种早期鸟类，还有似龙非鸟的爬行动物中华鸟龙和原始祖鸟。带毛“恐龙”的发现不断增加，北票龙和中华鸟龙的发现和研究进一步证实确实有带羽毛的兽脚类恐龙存在。

展望21世纪，中国古生物学工作者任重道远。中国具有开展古生物学研究得天独厚的自然条件：辽阔的国土上广泛发育有从几十亿年前的太古代到近代第四纪的沉积，其

地层剖面之连续完整，所含化石之丰富多彩，堪称世界之最；中国处在几大板块的交汇处，含有地史时期不同气候带、不同生物地理区的生物群。许多重要的古生物学理论问题的解决有赖于中国古生物材料的发现和研究。祖国大地为中国古生物学者施展才华提供了最理想的舞台，中国应当而且能够为世界古生物学做出较大的贡献。

参考文献

孙荣圭：《地质科学史纲》，北京：北京大学出版社，1984。

地质矿产部地质辞典办公室：《地质辞典·古生物地史分册》，北京：地质出版社，1979。

中国科学院编译出版委员会：《十年来的中国科学·地质学》，北京：科学出版社，1966。

（张永红）

古人类学

(Paleoanthropology)

古人类学是研究人类起源和进化发展的科学。它的研究对象主要是人类及其近亲高等灵长类的化石与古文化遗物。对这些标本所在地点的地层、地貌、伴生动植物的研究以及它们年代的测定，对于古人类学也是很重要的。古文化遗物的研究基本上属于社会科学的范畴，其他则属于自然科学。因此古人类学是一门边缘科学。其中人类与灵长类化石的研究是古生物学的一个组成部分，又称人类古生物学。古文化的研究是历史科学考古学的一部分。在有的国家，古人类学甚至包括历史时期的人类遗骨在内，在我国则不包含全新世的遗物。

简史　在19世纪末，古人类学在我国基本上是空白的，没有发现并认识人类化石及其文化遗物。1921年瑞典人安特生经当地居民的指引，发现了周口店第一地点这个化石产地，并留下他的助手师丹斯基作了初步发掘。1923年继续发掘。1926年安特生在北京宣布，在这个地点发现了古人类牙齿化石。1927年由北京协和医院解剖科主任加拿大人步达生利用美国洛克菲勒基金会的资助开始了这个地点的正规发掘。当年冬天他发表论文，给这里的化石人类定了一个拉丁文的学名：中国猿人北京种。1929年，中国地质调查所成立了新生代研究室，负责周口店的发掘与研究工作。当年12月2日，主持发掘工作的裴文中发现了中国猿人的第一个头盖骨。1931年当时旧石器时代考古学的权威学者法国人步日耶应邀来到周口店，肯定了此前三年中在这里陆续发现的大批破碎石块是人工制造的石器。同年，这里发现的人类用火遗迹也得到了肯定。

在此以前，古人类学界普遍承认的人类最早祖先是欧洲的尼安德特人，最早距今大约10万年。1891年在爪哇发现的直立猿人，其年代至少有50万年，但是其脑量只有940 mL，比现代的白痴还小。那时，脑子的大小和能否制造工具被认为是判断是否为人类的重要标志。爪哇猿人的脑子既不大，而当地又没有发现石器，因此他是人还是猿成了热烈争论的题目。北京周口店第一地点既有形态上相当近似现代人的化石，又有石器和用火的遗迹，不但被肯定属于人的范畴，而且把形态上与其相似的爪哇猿人也带进了人类的大家庭，使得人类有实物根据的历史延长到了50万年前，把历史记录提前了40万年。从此在关于人类起源与进化的书籍中都以猿人阶段作为人类历史的第一阶段，以欧洲的尼安德特人作为第二阶段，智人作为第三阶段。

解放前除了北京猿人以外，还有在二三十年代分别在河套地区和周口店的山顶洞发现的古人类的一颗门牙和三个完整的头骨以

及另一些骨骼，都属于智人。

1949年以后，全国大兴土木，陆续出土了不少人类化石。50年代有四川资阳的头盖骨、河套地区的顶骨和肱骨、广西柳江的完整头骨及部分体骨、山西丁村的三颗牙齿、湖南长阳的上颌骨残片、广东马坝的头盖骨等。前三者属于晚期智人，后三者属于早期智人。60年代在陕西蓝田陈家窝发现了下颌骨，在公王岭发现了头盖骨，在云南元谋发掘出了两枚门牙。这些标本都属于直立人，使得北京猿人不再是中国最早的人类，元谋的直立人成了我国迄今所知的最早人类的代表。70年代主要发现了陕西大荔的完整头骨、山西许家窑的顶骨和上颌骨等多块化石，都属于早期智人。另外还有在湖北建始发现的四颗直立人的牙齿。80年代发现了安徽和县的直立人头盖骨、辽宁金牛山的完整头骨和多件体骨、安徽巢县的上颌骨和枕骨。后二者都属于早期智人。90年代发现的湖北郧县曲远河口的两个基本完整的头骨和南京汤山的两个残破头骨，被归属直立人。迄今，中国发现更新世时期的人类化石地点已超过60处，旧石器地点更超过1 000处。除了人类化石以外我国还发现了大量巨猿、禄丰古猿、森林古猿及其他灵长类的化石。

根据已发现的这些遗物，古人类学者们进行了长期的研究，使人们对我国古人类的进化图景有了一个简略的了解。

大约在200万年前，中国东部就已有人类活动。1998年起在安徽繁昌的人字洞发现的几十件有人工制造痕迹的石器，是有人类活动的间接证据。直接的证据应该是人类本身的化石。中国最早的人类化石是云南元谋发现的两枚上门牙。据古地磁测定距今大约170万年。用电子自旋共振法测定的结果是可能在150万～160万年前，不会晚于110万年前。按照现有的证据，这些人的祖先可能来自非洲，因为非洲已经发现不少此时之前的人类化石，而中国则尚未有发现。但是中国云南已发现许多800万年前与400万～500万年前的禄丰古猿化石。古猿及伴生动物的存在表示，在那段时期内中国这些地区的环境温暖湿润，也适合人类生活。因此不能排除那时的中国也有人类活动的可能性，问题是需要大力寻找化石证据。

从已经发现的化石可以看出，中国古人类化石从早期到晚期形态上经历过许多与其他地区古人类基本上一致的历时性变化。如头骨骨壁由厚变薄、颅顶由低到高、脑量由小到大、眼眶上方由有粗厚的眉脊到只剩下细而多的眉弓、肌肉附着处的骨脊由比较粗糙到平滑、颜面下部向前突出的程度由较强到弱、牙齿由大到小、肢骨壁由厚到薄等等。

尽管早期与晚期的化石有许多不同，但是中国古人类还有一系列共同的特征，譬如他们的上门牙的背面（向后的那一面）都呈铲形，其两侧边缘隆起成脊，好像煤球铲子的两边有高帮防止煤球脱落。中国化石人类的颜面都比较扁平，鼻梁不高，颧骨向前，颊部骨骼下缘弯曲等。此外还有其他不少特征，由于专业性较强，就不一一列举了。这些共同特征表明，中国古人类是连续进化、一脉相承的。

我国的古人类在生物分类上属于两个种，即直立人与智人。从60年代起曾有不少外国学者从不同的方面提出，以北京猿人为代表的中国直立人是人类进化上的一个绝灭了的旁支，也就是说，中国的古人类属于两组没有传承关系的人类，没有连续进化，或者说早期的中国古人类不是现代中国人的祖先。实际上，有的直立人标本也具有常见于智人而不见于其他直立人的特征，如和县直立人头骨较短，紧接在眼眶后面的脑壳前部收缩的程度与智人相近，而与其他直立人不

同；有的智人标本却有着常见于直立人而很少见于智人的特征，如马坝早期智人头骨眼眶后面脑壳缩狭程度与一般智人不同，却与直立人一致，资阳和穿洞等处的晚期智人头骨却具有一般智人所无却是直立人典型特征的角圆枕等。人类学家将这样一些直立人与智人你中有我、我中有你的情况视为镶嵌现象。它的存在表明中国的直立人不是绝灭的进化旁支，而是智人的祖先，从直立人到智人是一个逐渐演变的过程。

现在我国已经有了从早期到晚期的一系列人类化石。我国东部和南方的大部分地区环境虽然随着第四纪冰期的出现有过许多次冷热或凉热的变化，但是大部分地区还不是人类无法居住的。虽然人类化石的地点在我国只发现了60 余处，但是发现旧石器的地点却已超过千处，而且没有证据和理由说明中国古人类的发展有过中断，相反，却是连续进化的。

在某些中国人类化石上还存在少量的、与多数中国古人类不同、却与西方古人类相似的特征，譬如马坝早期智人头骨的眼眶呈圆形，柳江、资阳、丽江等晚期智人头骨枕部有一块馒头状的隆起（人类学称发髻状构造），都是欧洲尼安德特人的典型特征。大荔头骨鼻腔上外侧骨面膨隆，与欧洲和非洲的许多早期头骨相似。所有这些特征都不见于中国其他古人类，很可能是与西方基因交流的结果。

从证据的情况来看，中国古人类连续进化是主流，与境外的交流只起着次要的作用。因此可以将我国的人类进化过程概括为连续进化附带杂交的过程。

我国旧石器时代古文化的研究成果表明中国古人类也是以连续发展为主，与相邻地区交流为辅。中国旧石器时代文化包括北方和南方两个主工业与若干地方性的小工业。主工业是指具有贯穿旧石器时代始终的相同特点的石器组合，其分布范围也很广。地方性小工业则在时间和空间的分布方面较为局限。北方主工业的特点包含：石制品多是小型的，用硬锤生产石片并进行修理，大多数石器是用石片做成的，可分为刮削器、尖刃器、石锥、雕刻器、砍砸器和石球，刮削器是主要类型，尖刃器是重要类型，在旧石器时代早期，砍砸器较常见，到中、晚期越来越少，石器的形状不甚规则，刃缘较曲折。在旧石器时代早期和中期，北方主工业在我国北部地区分布已很广泛，到晚期更向西、向南扩展达到四川、贵州、云南、西藏、湖北、湖南、广西、安徽、福建等省，位于北纬24°55′与45°36′之间，东经87°21′与126°18′之间。南方主工业的主要特点有：石制品主要是大型的，大多数长度超过10 cm，常用河卵石作制造石器的原料，所以又称砾石工业，石器主要包括砍砸器、镐、手斧和石球，还有少量刮削器和尖刃器，用硬锤作粗放加工，器形相当不规则，刃缘曲折。南方主工业的分布区比北方主工业窄，在北纬23°33′与33°22′之间和东经104°38′与118°53′之间，似乎没有进入中国西部高原地区。地方性小工业至今已发现9 种，各有自己的特色。例如辽宁本溪的庙后山工业石制品多是大型的，主要用大而宽的石片做成。贵州西北部的观音洞工业大多数石器的刃口较钝，多刃石器比单刃石器多见。水洞沟工业除了一部分石制品显示出北方主工业的特点外，还可看出非中国北方主工业也非南方主工业的生产技术，如经过修理的石核，石核利用率很高，若干石器是用长石片做成，修理相当细致，器形规则，刃缘均匀，个别石器可能是用指垫法修理的。这些都表明水洞沟工业具有明显的来自西方的影响。此外还有丁村、清水河、下川、孟家泉、猫猫洞、铜梁等地方工业。

尽管这些工业各有特色，但是在技术上和类型上还是有明显的共性，包括石制品有向着长宽等比方向发展的趋势，生产石片和修理石器都用硬锤加工,不预先制备石核,因此石片的形状多不规则，做成的石器也不甚规则，刃缘常是曲折的。这些共性可以看做是中国大区域石工业的特征，与西亚及欧洲的石工业有明显的区别，这是中国旧石器文化的主流。从水洞沟等很少数遗址的一些石制品显现的、与中国主流情况不同的技术,应可推测出在中国旧石器文化的发展过程中曾经接受过来自西方的影响，尽管这种影响是相当弱的。

中国有少量旧石器和少量遗址反映出受过西方文化的影响，在晚期比早期明显。它们可能指示曾经有过少量西方人群来到中国定居，或者是中国的古人类向西方的邻近人群学习过一些制造石器的方法。因此大量的旧石器显示，中国的旧石器文化是以本地传承为主，接受外来影响为辅。这种发展模式正与古人类的连续进化为主、杂交为辅的模式相符合。

从1987 年起，国外对于现代人的起源盛行“夏娃假说”。这个假说是一些遗传学家提出的。他们根据对世界上各地区现代人的DNA 的研究,认为世界上各个人种有一个大约20 万年前生活在非洲的共同祖先。她的一部分后代在大约13 万年前走出非洲，分散到亚洲和欧洲,大约在5 万年前到达中国,很快就取代了原来住在这片土地上的人类，繁衍成后来的中国人。显然这个假说与中国古人类“连续进化辅带杂交”的假说是矛盾的。夏娃假说的主要根据是从现代人身上分析出来的间接证据。但是人类化石十分稀少，影响后一假说的说服力。不过中国的旧石器文化遗物确实丰富，它们所揭示的中国古人类文化发展的脉络应该是相当有说服力的。

关于中国现代人的祖先是否5 万年前来自非洲的问题,还可以从其他方面得到论证。考古学家已经发现了大约10 万年前生活在巴勒斯坦、以色列地区的古人类。这里正是从非洲通向欧亚大陆的要道。按照夏娃假说，这些古人类最可能是欧亚现代人的共同祖先。考古发现表明，这些人制造和使用的旧石器属于莫斯特类型，技术相当先进。而当时住在中国的古人类所掌握的石器制造技术比较粗放，如果真如夏娃假说所设想，亚洲西部的这些古人类的后人迁移到中国并且取代了中国的原住民,那么合理的结果应该是，从此以后的中国古人类会利用那些西方移民的比较精巧的技术制造石器。但是大量发现的石器表明，那时居住在中国的人主要使用的仍然是本地祖先惯用的那些比较粗放的技术，只有极少数地点，如水洞沟发现有莫斯特技术制造的、比较精巧匀称的工具。很难想像，外来的掌握比较先进的制造石器技术的移民的后代会放弃从他们祖先传下来的技术，这样的设想是极不合理的，因此古文化的研究也证明夏娃假说不适用于中国的情况。

中国境内，在古文化方面，华南与华北有明显的差别。在个别小地区还有地方性文化。各地区的人群之间，在形态上除了具有一些共同特征外，也可看出有地区差别。同样体质的各个人群可以有不同的文化；体质不大相同的人群可以有相似的文化。目前我国已发现的人类化石还不够多，古文化的地区差别与古人类的地区差异之间有什么样的关系现在还说不清楚。

形象地打个比喻，可以说中国古人类的进化好比一个河网，有一个主要的源头，后来分成许多分支，越分越多。这些分支在发展的过程中，有的可能断流（人群绝灭），有的可能与其他分支隔离，很少数的分支又可

能接受境外过来的水流（人群迁徙和杂交）。至于各地各时人群分合、兴灭的详情则有待于发现更多的化石与进行更多的研究来阐明。

中国除了发现人类化石外，还发现了不少古猿化石，其中有一些可能是人类祖先的近亲，如云南的禄丰古猿。在禄丰发现的这种古猿生活在大约800万年前。在70年代刚被发现时曾经被认为代表人类的直系祖先。到80年代，由于种种原因，它们被排除是人类祖先，但仍被认为是人类祖先的近亲。因为至今还没有发现人类祖先在这时段的化石，所以它的近亲也就很宝贵了。80年代，在离禄丰不远的元谋发现了几处古猿化石地点。这些新化石曾被人命名为“东方人”、“蝴蝶腊玛古猿”、“蝴蝶人”，并被个别人说成是中国直立人的祖先。以后连同禄丰等处发现的古猿又被命名为“中国古猿”并主张是人的祖先。但是所有这些都没有被古人类学界所接受。它们很可能是禄丰古猿的后代。1991年在四川巫山龙骨坡发现、被误称为“巫山人”的下颌化石可能是他们的接近灭绝时的后代。

参考文献

吴汝康，吴新智，张森水主编：《中国远古人类》，北京：科学出版社，1989。

吴新智，黄慰文，祁国琴：《中国古人类遗址》，上海：科技教育出版社，1999。

吴新智：二十世纪的中国人类古生物学研究与展望，《人类学学报》，18（3）：165～175，1999。

张森水：管窥新中国旧石器考古学的重大发展，《人类学学报》，18（3）：193～214，1999。

（吴新智）

北京猿人第一个头盖骨的发现（The Discovery of the First Skull-cap of Peking Man）

位于北京城西南50 km左右的周口店龙骨山一带，在20世纪初以前是当地居民开山烧石灰的场所。他们在开挖石灰石时，在石灰岩的裂隙堆积中挖出过许多民间称为“龙骨”的哺乳动物化石，因而引起了有关学者的关注。1918年3月，瑞典地质学家和考古学家安特生（J. G. Andersson）根据友人提供的线索，带着探寻人类远祖的浓厚兴趣在周口店进行了考察，在当地老乡称为鸡骨山的地点发现了一些小哺乳动物化石。1921年奥地利古生物学家师丹斯基(O. Zdansky)也加入了考察。他们在当地老乡的建议下，来到了龙骨山，挖掘到许多肿骨鹿、鬣狗等哺乳动物化石。

两年后，安特生又让师丹斯基去龙骨山进行发掘，并将采集到的大部分化石带回瑞典进行研究。在这些化石中，师丹斯基发现了两枚与人牙相似的牙齿化石。当时在北京协和医院工作的加拿大解剖学家步达生（D. Black）对此发生了极大的兴趣。经他与当时的中国地质调查所所长翁文灏反复磋商后于1927年2月14日签署了一项协议，对龙骨山进行系统发掘。当年10月16日发掘到一枚保存完整的人牙，1927年12月安特生将之命名为*Sinanthropus pekinensis*（北京中国人）。美国地质学家葛利普(A. W. Grabau)赠之一个英文俗称Peking Man（北京人）。1931年魏那特（Weinert）将之改为*Pithecanthropus sinensis*（中国猿人）。后来又被步勒和哇卢瓦改为*Pithecanthropus pekinensis*（北京猿人）。最后学术界普遍将*Homo erectus*（直立人）作为这些化石的正式学名，而“北京猿人”则成了其中文俗称。上述牙齿化石的发现引起了国际学术界的极大反响，对其系统

位置的争论也非常激烈。

1928 年，刚从德国留学回国的杨钟健和刚从北京大学毕业的裴文中也加入了发掘行列。为使周口店发掘研究工作顺利进行，翁文灏与步达生经反复磋商，于1929 年2 月8 日拟定了“中国地质调查所新生代研究室组织章程”，并于当年4 月19 日获当时的农矿部批准成立新生代研究室。这便是今天的中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的前身。研究室成立后，法国古生物学家德日进（Teihard de Chardin）和杨钟健对周口店遗址的堆积进行了研究，并将之自上而下划分出10 个层。

1929 年周口店发掘的学术和行政工作都由裴文中负责。在这年秋季的发掘中，在第一地点（后又称为猿人洞）的南侧发现了一段空隙，其中有很多化石。当发掘进行到11 月底时，天气已很冷了，因化石很多，便将发掘工作作了延期。12 月2 日傍晚临收工时，裴文中在相当于第10 层的位置极其惊喜地发现人们盼望已久的人类化石的头部正露出在眼前，经过小心谨慎的延时发掘，终于在当晚取出了这一无价之宝。后经室内的清理修复，确认这是早期人类的头盖骨。这一发现为北京猿人的存在提供了坚实的科学基础，并极大地轰动了国际学术界，也成为当时北京街头巷尾人们的谈论话题。因为在这个头盖骨发现以前，有很多学者对在此前发现的牙齿化石是否真正属于人类尚有疑问。这个头盖骨的发现则扫除了所有的疑虑。

1930 年在实验室里又从猿人洞带回的粘土块中修整出另一个头盖骨，它产于第8～9 层。1936 年在贾兰坡的主持下，在第8～9 层中又发掘出3 个头盖骨。此外，还发现了很多哺乳动物化石、大量的石器以及灰烬。这些都为研究人类进化、史前文化的发展提供了相当好的材料，并解决了学术界有关爪哇猿人系统位置的长期争论。

1966 年在第一地点的第3 层中，发现了北京猿人的额骨和枕骨各一块。这两块头骨和1934 年及1936 年在同一层中出土的另两块头骨模型恰好合成一具相当完整的头盖骨。所以到目前为止，北京猿人的头盖骨共发现有6 具。然而，除了1966 年发现的标本尚存外，其余标本都在第二次世界大战期间失踪。

北京猿人第一个头盖骨的发现极大地推动了我国古人类学、考古学、古生物学和地层学及相关学科的发展，并被中国科学院前院长方毅赞誉为中国学术界取得的第一枚“奥运金牌”。

参考文献

裴文中：周口店洞穴层采掘记，《 地质专报》，1934。

贾兰坡，黄慰文：《周口店发掘记》，天津：科学技术出版社，1984。

吴新智，黄慰文，祁国琴：《中国古人类遗址》，上海：科学技术教育出版社，1999。

（董　为）

古脊椎动物学

(Vertebrate Paleontology)

古脊椎动物学是古生物学的一个分科，是专门研究脊椎动物化石的科学。古脊椎动物分为无颌纲、盾皮鱼纲、棘鱼纲、软骨鱼纲、硬骨鱼纲、两栖纲、爬行纲、鸟纲及哺乳纲等门类。中国的古脊椎动物研究历史可以分为三个时期，即1949 年前、1949～1978 年、1978 年以来。

1949 年前　中国古脊椎动物学的研究历史可以追溯到19 世纪，但一直到20 世纪20 年代中期，全部工作都是由外国学者做的。古代的中国人将脊椎动物化石，特别是哺乳动

物骨骼化石都称为“龙骨”，这些所谓的“龙骨”被作为中药材使用。中国的“龙骨”很早就引起一些古生物学家的注意。英国生物学家、古脊椎动物学的开拓者理查德·欧文在 1870 年就发表了一篇关于中国哺乳动物化石的论文，他的材料来源，大概也离不开“龙骨”。后来，又有一位名叫哈贝尔的德国医生，他在北京行医期间，从中药店里买到不少“龙骨”。1903 年，哈贝尔回国后将这些化石送给了著名的德国古脊椎动物学家施洛塞尔研究，同年施洛塞尔在德国慕尼黑发表论文“中国的哺乳动物化石”，论文长达221 页，并附有14 个化石图版。1914 年初，著名的瑞典地质学家安特生接受中国政府的聘请，来华任矿政顾问，以协助开展煤田及其他矿产调查。安特生在华工作期间，组织了一批技工，根据线索派他们到山西、河南、甘肃等地采集化石。不久，不同时代的化石源源而来，再通过安特生将化石由北京运往瑞典乌普萨拉，交给由维曼领导的古生物研究室进行研究。

1918 年安特生首次考察了北京附近的周口店，因为在那里开采石灰岩的过程中经常从裂隙中发现“龙骨”。但就在这一年安特生首先在河南新安县上印沟的红粘土中发现了三趾马化石，他的兴趣立刻被吸引过去，周口店暂时被淡忘了。1919 年，安特生在内蒙古化德地区，他的助手则在山西保德地区发现了大量三趾马动物群化石。也就在同一年，来华的法国神父桑志华在甘肃庆阳也发现了三趾马动物群化石。在1920 年，安特生从保德采集到74 大箱化石，桑志华也在庆阳发掘出7 吨多化石。中国的古脊椎动物学从此开始了一个新纪元。1921 年桑志华将他发现的化石中一批较好的标本运往法国巴黎的自然历史博物馆。法国著名的地质学和古生物学家德日进根据这批化石在法国地质学会会议上作了题为“华北—蓬蒂期哺乳动物群”的报告。安特生采集的标本在1921 年前已有一批被运往乌普萨拉。就在这年夏天，奥地利古生物学家师丹斯基在维曼的推荐下来到中国，从1922 年开始对山西保德地区的三趾马红土进行地质调查和化石发掘，他也参加了周口店的初步发掘工作，并在1923 年发表了试掘的初步报告。

1924 年，是中国古脊椎动物学研究值得纪念的一年，这一年首次出版了《中国古生物志》丙种，这是关于中国脊椎动物化石的出版物，由瑞典火柴大王克鲁格和浙江吴兴贤、达金燾赞助出版，第一年即出版了5 册，发表了施洛塞尔、龙伯格、林斯顿及师丹斯基等人的研究论著。布林和色费等著名的古生物学家也参加到对中国材料的研究中，这些研究奠定了中国新生代哺乳动物化石研究的基础，许多著作具有十分重要的意义，如师丹斯基研究的奇蹄类、肉食类和鹿类，布林研究的长颈鹿类，色费研究的三趾马类等。这些研究所涉及的材料主要是由安特生领导采集的，安特生注意吸收专家参加研究，形成了一个高效的研究集体，在短短的十几年里出版了几十部专著，这些著作的研究和出版水平在当时无疑都是世界一流的，立即引起了全世界古生物学家们的注意。桑志华也在1923 年邀请德日进来华工作，他们的研究工作主要根据桑志华采集的材料，包括甘肃庆阳三趾马动物群、内蒙古萨拉乌苏晚更新世哺乳动物和石器、河北阳原泥河湾相当于欧洲维拉方期动物群和山西榆社上新世哺乳动物群。

1928 年杨钟健、张席禔、王恭睦先后从国外留学归来，从事古脊椎动物学的研究与教学工作。裴文中也在1927 年从北京大学地质系毕业，1928 年开始参加周口店的发掘工作。这是我国学者从事古脊椎动物学研究的

开端，而杨钟健的博士论文《中国北部之啮齿类动物化石》于1927年以《中国古生物志》丙种第五卷第三期出版，则是中国学者发表的第一部古脊椎动物学专著，标志了这门学科在中国的诞生。

1929年将以光辉的一页载入中国古脊椎动物研究的史册，就在这一年，正式成立了中国第一个从事古脊椎动物研究，特别是古哺乳动物与古人类研究的专门机构——中国地质调查所新生代研究室。这个机构的建立,开始了中国古脊椎动物研究的新局面,导致了1929年底震惊世界的第一个完整的北京人头盖骨的发现。这一发现使得新生代研究室顿时成为国际学术界普遍重视的古人类研究中心，周口店也因为发现了完好的猿人化石、旧石器文化遗存以及丰富的哺乳动物化石，而成为当时世界上古人类研究和旧大陆陆相第四系对比的一个标准地点。

杨钟健是中国古脊椎动物学的奠基人，他共发表学术性论文达500余篇，专著20余部，为我国和亚洲古脊椎动物学的发展奠定了基础，为古脊椎动物学的发展做出了卓越的贡献。1929年到1934年间，杨钟健连续发表了《中国北方新生代后期之哺乳动物化石》和《周口店第二、第七、第八地点之脊椎动物化石》等5部古哺乳动物的专著和约30篇有关哺乳动物化石与新生代地质的论文。这一时期除杨钟健之外，中国古脊椎动物学的重要研究者还包括裴文中、师丹斯基、德日进和布林等。由于杨钟健等人的工作，使地质工作者早在30年代即能根据哺乳动物的化石组合，对华北以黄土为主的各种“土状堆积”进行较详细的划分和对比。

从1934年起，中国古脊椎动物学明显地扩大了研究范围，杨钟健开始从事爬行动物的调查和研究，主要对新疆和山西的三叠纪爬行类，四川、新疆、内蒙古侏罗纪和白垩纪恐龙化石开展研究，这些研究大多是我国最早开展的对爬行类的工作。杨钟健的另一重要贡献是对中生代禄丰蜥龙动物群的研究，从1938年起直到解放初期，他的研究工作主要是围绕这个世界著名的动物群进行的，他前后发表了20余篇论文和3部专著，他的工作使禄丰成为世界上研究这一重要地史时期脊椎动物的经典化石地点。

裴文中则是中国第四纪哺乳动物学和地层学及旧石器时代考古学的奠基人。自从1929年发现北京猿人的第一个完整头盖骨后，裴文中蜚声海内外，他毕生从事第四纪哺乳动物学和地层学及旧石器时代考古学的研究，并为之做出了巨大的贡献。他发表的学术著作达150余篇。从1929年至1940年，裴文中的研究主要集中在周口店地区，对北京人地点的哺乳动物化石和石器进行了深入的研究，发表的相关论著多达43篇。

1949～1978年　1949年新中国成立，标志着我国古脊椎动物学事业的新起点，到1978年为止，这是我国古脊椎动物学发展史上的第二个时期，其间尽管有文化大革命对科学的破坏和干扰，但古脊椎动物学的研究却一直在发展。刚一解放，停顿了近10年的周口店“北京猿人”遗址的发掘工作就恢复了。1953年，古脊椎动物研究室成为中国科学院直属的一个独立的研究室，1957年成为独立的研究所，同年创刊的《古脊椎动物学报》(*Vertebrata Palasiatica*)是当时世界上惟一的古脊椎动物方面的专门学术期刊。到60年代中期，古脊椎动物与古人类研究所已成为世界上最大的一个古脊椎动物研究机构和重要的研究中心。在这一时期取得的主要成果可以从以下几个方面表现出来。

古鱼类学　这一时期，不仅在泥盆纪的无颌类、盾皮鱼类、棘鱼类和总鳍鱼方面有大量的发现，而且许多标本的内部构造保存

极为精美,许多类群具有强烈的地方色彩,这些发现引起了全世界的注意。无颌类和胴甲鱼类对我国南方泥盆纪非海相地层的划分和对比起着极大作用，并且扩大了无颌类的分布范围。对于最原始的有颌脊椎动物——盾皮鱼类的研究也在这一时期有长足的进展，在西南诸省发现较多。在胴甲鱼类方面所取得的一个重要的进展是早泥盆世以云南鱼（*Yunnanolepis*）为代表的胴甲鱼类动物群的发现和研究，它与多鳃鱼类及盔甲鱼类构成华南早泥盆世鱼形动物群的主体。云南、广西不少地点的早泥盆世地层中发现一批保存极好的总鳍鱼类标本，不仅数量较多，而且种类丰富，尤其难得的是保存了较好的内颅标本。

在这一时期还发现和研究了古生代末期至中生代初期的古鳕类及全骨鱼类，以及中生代晚期的原始真骨鱼类。50年代，刘东生等分别研究了甘肃和陕西的古鳕类、亚全骨鱼类和全骨鱼类。60年代中期，在天山北麓及吐鲁番盆地的上二叠统中采集到一批相当好的古鳕类化石,它们具有鲜明的地方特色。与此同时，在这一地区的吐谷鲁群中采到一批以叉鳞鱼为主的鱼化石，几乎全是新的属种。进入70年代后，在四川、湖南等地相继发现一批侏罗纪的古鳕类和全骨鱼类化石。1963年出版了关于华北狼鳍鱼的专著,对这一久负盛名的鱼化石材料进行了综合整理。在宁夏、甘肃、内蒙古和浙江等地发现了中华弓鳍鱼，对于阐明含鱼地层时代及其沉积环境有了新的认识。古老的鲟类代表北票鲟（*Peipiaosteus*）也广泛分布在东北、华北、西北九个省区的动物群中，对探讨原始真骨鱼类的系统关系具有重要意义。对东北中生代鱼化石的研究还表明，这一地区在中、晚侏罗世到晚白垩世早期之间曾断断续续受到不同程度的海侵。从50年代起在东南沿海发现了大量中生代晚期鱼化石，为解决真骨鱼类的演化、分类及分布规律等问题提供了必要的依据。

古爬行类　50年代起，在杨钟健领导下在山西发现了保存很好的二叠纪及三叠纪爬行类化石，种类众多，如二齿兽类的中国肯氏兽（*Sinokannemeyeria*）、假鳄类的山西鳄（*Shansisuchus*）和犬齿类的中国颌兽（*Sinognathus*）等。60年代，古脊椎动物与古人类研究所在新疆组织了几个考察队，对50年代发现水龙兽动物群的地点又有新的收获，发现4个含化石层位，从下至上依次为二齿兽动物群、水龙兽动物群、肯氏兽动物群和四足类与古鳕类动物群。新疆的动物群性质和顺序与南非十分一致，具有鲜明的冈瓦纳色彩，而与华北的情况有所不同。在湖南桑植中三叠世发现的芙蓉龙（*Lotosaurus*），由于其十分奇特的性质而建立了一个新科，使过去散见于世界各地中三叠世类似的化石亦可归入本科。同时还找到一些幻龙骨骼，使海、陆相三叠纪的对比具备了可能的条件。

解放后，首先在山东莱阳发现了青岛龙和恐龙蛋化石，继而又先后发现了马门溪龙（*Mamenchisaurus*）和山东龙（*Shantungosaurus*）的完整骨架。在四川发现大批恐龙化石，包括肉食龙和剑龙的较完整骨架。这一时期的发现表明，我国的恐龙化石地点遍布四方，从黑龙江畔到青藏高原、从山东半岛到新疆、从内蒙古草原到两广丘陵均有分布。四川的中生代早期地层含有3个恐龙动物群，即珍珠冲组的禄丰蜥龙动物群、自流井组的蜀龙动物群和上沙溪庙组的马门溪龙动物群。早白垩世的恐龙地点主要分布在山东和新疆，晚白垩世的恐龙地层则更多了，在山东、黑龙江、广东、新疆和内蒙古等地都有发现。恐龙蛋化石也极为丰富，遍布我国几个主要地区，可以作为野外确切划

分中生代与新生代界线既可靠又迅速的手段，并探讨其与各类恐龙的亲缘关系，触及恐龙的进化、迁徙和绝灭等问题。在青藏高原东部找到了海拔最高的恐龙化石地点，为解答青藏高原隆升之谜提供了极为重要的线索。

50 年代先后发现了贵州龙（*Kueichousaurus*）和南漳龙（*Nanchangosaurus*）等水生爬行动物，其后发现水生爬行动物还分布于四川、云南、贵州、湖北、广西、安徽、西藏等地，分别属于鱼龙、鳍龙、海蜥、槽齿龙等门类。杨钟健在 1965 年根据对新疆发现的准噶尔翼龙（*Dzungaripterus*）的研究，提出了翼龙目可分为3 个亚目的新见解。此外，在蜥蜴类、龟鳖类、鳄类等方面亦不断有新的发现，其中龟鳖类方面已经做了初步的归纳总结工作。

古哺乳动物 经过这一时期的努力，已初步确立了中国新生代各个阶段的代表性哺乳动物群的特征，并可用于进行洲际对比。

1960 年周明镇报道了新疆吐鲁番盆地发现的原恐角兽（*Prodinoceros*）化石，首次记录了我国古新世地层的存在。60 年代在新疆火焰山地区和 70 年代在内蒙古四子王旗发现了更多的古新世化石材料。古新世更有意义的成果是华南红层中几个不同层位的哺乳动物化石的发现与研究，仅广东南雄、江西池江、湖南茶陵、安徽潜山等盆地就发现了17 个目近20 个科100 余种动物，化石显示本地区的特有动物占绝对优势，表明亚洲北部在古新世的大部分时间内在东、西方向上分别与北美和欧洲相隔离。

江西新余、山东昌乐、临朐等地在解放后最早发现了早始新世哺乳动物，其后在新疆吐鲁番盆地、内蒙古巴彦乌兰和湖南衡阳又发现更多的始新世哺乳动物。卢氏动物群的发现和研究是始新世哺乳动物方面最重要的收获之一。此外，还在河南吴城、云南和贵州一些红色盆地、山西垣曲、广西百色等地发现不少很有意义的始新世化石地点。

这一时期发现了众多中中新世化石地点，包括新确认的山旺动物群以及南京方山洞玄观组、江苏泗洪下草湾组、河北磁县彭武组、陕西临潼冷水沟组、河北张北汉诺坝组、河南洛阳洛阳组等。原始无角犀类的存在和大量有角犀类的出现是我国中中新世哺乳动物组合的一个重要特征。1975 年，在西藏发现了晚中新世的两个三趾马动物群，即藏南吉隆沃马和藏北比如布隆两个地点，化石组合显示当时的海拔位置已经相当高，至少在1000 m 以上，为研究青藏高原的隆升过程提供了极其重要的化石证据。在陕西蓝田发现了不同层位的三趾马动物群，在河北泥河湾、陕西渭南、甘肃灵台等地都发现有三趾马及三趾马动物群的成员与真马化石共存。在禄丰的煤系地层内发现了腊玛古猿动物群，腊玛古猿（*Ramapithecus*）和西瓦古猿（*Sivapithecus*）都保存得相当好，对深入研究和对比古猿化石提供了有利条件。

在陕西蓝田发现的含有猿人化石的公王岭动物群，带有很浓的南方或东洋动物界的色彩，时代为中更新世早期。早更新世的地点则在泥河湾发现不少，另外，还新发现了山西芮城西侯度等地点。而河北迁安爪村、山西朔县峙峪、陕西蓝田涝池河、河南安阳小南海等地点则是晚更新世的代表性地点。经裴文中等的研究，华南更新世的“大熊猫—剑齿象动物群”可以划分为早、中、晚不同时期，南方非洞穴堆积中的更新世哺乳动物群则发现于云南元谋和四川资阳。

1978 年以来 1978 年是不平凡的一年，中国共产党改革开放政策的春风带来了我国古脊椎动物学事业发展的又一个春天。古脊椎动物学的研究水平得到极大提高，国际合

作与交流十分活跃，开展了中美、中加、中日、中澳、中德等古脊椎动物考察和研究项目，取得了丰硕的有重大国际影响的成果，特别是在鸟类、哺乳类和鱼类的起源和早期演化研究上获得重要的发现与进展，引起国际学术界的高度重视，中国已成为当代国际古脊椎动物学研究的热点地区。以下从不同生物门类方面来看这一时期中国脊椎动物学研究所取得的成就。

古鱼类学 在我国云南早泥盆世地层中发现的杨氏鱼，根据传统的看法，很容易将它置于四足动物的祖先类群中。但张弥曼研究发现，杨氏鱼脑颅中无法找到供内鼻管从鼻腔通到口腔顶部的内鼻孔，由于在杨氏鱼中发现这种“反常”现象，对扇鳍鱼类的所谓“内鼻孔”提出了异议，使得扇鳍鱼类作为四足动物“祖先”的地位动摇，而使肺鱼比扇鳍鱼更接近四足动物的观点得到复苏。在同一时代地点中发现的斑鳞鱼的意想不到的特征组合，对辐鳍鱼类和肉鳍鱼类的定义提出了质疑，对硬骨鱼进化模式的解释产生了重大影响，并填补了硬骨鱼类和非硬骨鱼类之间缺失的环节。

早期脊椎动物的微体化石研究自1984年以来取得了令人振奋的成绩，填补了花鳞鱼、棘鱼、辐鳞鱼和软骨鱼4个亚纲的记录。在塔里木盆地、西秦岭及香港地区发现了志留纪和泥盆纪的鱼类化石群。首次认识到志留纪和泥盆纪早期的无颌类和鱼类曾经生存于海相环境，这对海相—非海相地区的对比至关重要。

对我国北方陆相侏罗—白垩系界线的鱼群进行了深入的研究，发现鱼类化石可明显分为早、晚两个组合，即早期的北票鲟—狼鳍鱼—吉南鱼组合和晚期的副狼鳍鱼—真骨鱼类组合。同一时期的鱼群还发现于新疆准噶尔和吐鲁番、甘肃酒泉、陕甘宁、内蒙古固阳、冀北、吉林三源浦、山东莱阳、黑龙江东部等盆地中。在中国北方的热河群及相当地层中发现的鱼类化石达29属43种，分属6目11科。

对中国东部中新生代含油地层中的大量鱼化石进行了相当精细的系统分类研究与记述，并对化石产出地层的时代、层位、对比、化石鱼类组合及古动物地区和生态环境等问题做了深入的分析、比较和推论，得出了产鱼化石地层为海陆过渡相或沿海河湖相沉积的结论，这些结论对该区石油地质勘探工作很有参考价值。这些鱼类化石不仅可以为一些层段提供确定时代的依据，而且可以作为分层的辅助佐证。

低等四足类 以往在中国发现的两栖类化石少得可怜，但在这一时期有很大的进展。离片椎类和石炭蜥类作为最原始陆生四足类的代表，在生物进化上占有非常重要的地位。在新疆芦草沟组和河南济源上石盒子组中发现了石炭蜥类。在甘肃玉门大山口晚二叠世地层中石炭蜥和离片椎两类化石都有发现，可以与华北、新疆、俄罗斯及南非同时代的脊椎动物群进行对比。在辽西的热河群地层中首次发现中国的中生代有尾两栖类和无尾两栖类，它们都是滑体两栖类的化石代表，为解决古老的两栖类进化、发展成现代类型的研究提供了重要的线索。

1979年在四川自贡大山铺出土了大量恐龙化石，包括蜥龙类、肉食龙类、剑龙类、鸟脚类和翼龙类的完整骨架，使这个地点成为世界上最著名的地点之一。1986年组织实施的中加恐龙考察计划在全世界也称得上是相当重要的，考察地点包括新疆和内蒙古等地，采集到大量恐龙化石材料，如新疆将军庙地区的完整肉食龙骨架、超过30 m长的亚洲最大的蜥脚类化石等，仅1988年的考察活动就采集到约25吨中侏罗—晚白垩世的化

石，这些材料对更好地认识恐龙的进化和分布有重要意义。90 年代的中日丝绸之路恐龙考察也在中生代陆相地层及其恐龙化石方面收获颇丰，在探讨中生代时期中亚地区恐龙的起源、扩散和分布方面取得一系列新成果。

1996 年以来，在辽西北票四合屯发现了一些小型兽脚类恐龙化石，它们与生存于德国索伦霍芬晚侏罗世的美颌龙非常接近，可以归入同一科。所谓的“中华龙鸟”、“原始祖鸟”和“尾羽鸟”等都是小型兽脚类恐龙，它们也非常接近于鸟类，长有羽毛，“中华龙鸟”长着有些类似于鸟类绒羽的结构，“原始祖鸟”和“尾羽鸟”长着非常类似于鸟类体羽的结构，“北票龙”和“中华鸟龙”的羽毛构造也相当显著。这些发现使羽毛不能再作为鸟类的鉴定特征，也为鸟类的恐龙起源说提供了证据。

爬行类的另一个重大发现来自甘肃玉门大山口的上二叠统，兽孔类和大鼻龙类化石丰富，为探讨早期兽孔类的系统发育提供了素材。

古鸟类　最重要的突破来源于对早期鸟类的发现和研究，这一工作始于80 年代，早白垩世甘肃鸟(*Gansus*)的发现标志着这一研究领域的开端。1989 年9 月，古脊椎动物与古人类研究所的研究人员在辽宁西部发现了3 件形态特别的化石，经确认它们是中生代鸟类，是当时除德国始祖鸟以外时代最早的鸟类，这一重要的发现拉开了辽西中生代鸟类研究的序幕。1994 年以来在辽西地区发现了以孔子鸟（*Confuciusornis*）为代表的中生代鸟类群。这些新的发现不仅丰富了我国中生代鸟类的种类和数量，而且将鸟类在我国的历史向前推进。辽西中生代鸟类化石包括蜥鸟亚纲和今鸟亚纲在我国的最早种类，还具有这两个亚纲分异产生的若干不同类型的代表。因此，辽西中生代鸟类动物群在早期鸟类的演化历史上占有无可争议的重要位置。

孔子鸟产于辽西地区义县组底部，被归入蜥鸟亚纲,具有一些比始祖鸟进步的特征。侯连海等人经过研究得出一些新认识：早期鸟类的分异在晚侏罗世已经开始；孔子鸟喙的出现，使人们对这一与觅食有直接关系的构造的发生和历史得到进一步的了解；辽西鸟类的形态研究,使我们对早期鸟类的演化，特别是与飞行有关的肩带、前肢和胸骨的演化有了比较系统的认识。尽管我国早期鸟类研究取得了一系列重大进展，但是，鸟类起源仍然是一个没有完全破解的谜。在辽西发现的大量早期鸟类和带毛的恐龙化石为解决鸟类起源的争论带来了曙光。然而，这些发现并没有解决这一难题，而是使鸟类的起源和进化问题变得更加复杂和模糊起来。鸟类的真正祖先，应该到更为古老的地层中去寻找，我国的辽西地区则是世界上最有希望的地区。

古哺乳动物　中生代哺乳动物研究取得重大进展，在辽西地区热河群地层中发现了张和兽化石。张和兽牙齿、头骨和其他部分的骨骼所具有的特点有力地证明了原兽类在很久以前就从哺乳动物演化的主干上分化开了。张和兽是目前原始兽类中惟一保存骨架的类群，其肢体形态信息是迄今为止了解原始兽类身体形态的惟一直接依据。

在对一些哺乳动物门类，如啮齿类、兔形类、灵长类、奇蹄类和长鼻类等的起源和进化方面取得重大进展。江苏溧阳的始新世上黄动物群包含12 目60 余科动物,对它们的研究得到了众多哺乳动物的系统演化和历史生物地理方面的新见解，尤其是高级灵长类祖先类型曙猿（*Eosimias*）的发现，证实了亚洲东部应是高级灵长类的起源地。在山西垣曲盆地也发现了曙猿化石，对垣曲等地的研

究使我们了解到我国始新世中期小哺乳动物群的基本面貌以及这一时期动物群的某些变化趋势。山东昌乐五图早始新世的哺乳动物化石研究也取得很多成果。

对渐新世小哺乳动物群及生物地层学方面的研究成果丰硕，包括对内蒙古阿左旗、乌兰塔塔尔、克克阿木、伊克昭盟千里山地区、苏左旗嘎顺音阿得格、宁夏海原袁家窝窝、云南曲靖蔡家冲、甘肃兰州盆地的渐新世动物群的研究。对兰州盆地这一时期动物群的研究还为青藏高原的隆升时间和程度提供了重要证据。

在这一时期，改变了我国在晚第三纪研究方面的落后状况，其中最突出的成就在于对我国晚第三纪三趾马及其他哺乳动物（如鬣狗）的研究工作。对华北的一些重要地点，如山西榆社、甘肃临夏、陕西府谷和新疆准噶尔等盆地，进行了大量的野外考察和化石采集工作，并对各博物馆收藏的早年标本进行了重新研究，包括长鼻目、食肉目、偶蹄目和奇蹄目的不同化石类型，提出了许多新见解和令人信服的结论，使我国古哺乳动物学进入了国际先进行列。

发现了和县人和巫山人等化石及其共生的哺乳动物群，与巫山人同一层位出土的有包括巨猿在内的100多种哺乳动物化石。在安徽繁昌孙村也发现了早更新世早期的高等灵长类和其他哺乳动物化石。对第四纪的真马化石的分类演化进行了系统总结，并对第四纪哺乳动物化石与气候环境的关系进行了多方面的深入研究。

展望21世纪，中国的古脊椎动物学研究还任重而道远，还有许多重大的科学问题有待发现和解决，脊椎动物各个门类的起源和进化仍然是需要深入探索的课题。中国有发育完整的各时代地层，含有从鱼类到哺乳类的丰富化石材料，为高水平的古脊椎动物学研究提供了重要的物质基础。在21世纪，中国的古脊椎动物学研究必将继续在国际上为中国的自然科学发展赢得更大的声誉。

参考文献

张永红：探索生物类群的起源与进化，《百科知识》，(3)，1999。

周明镇：中国的古脊椎动物学研究（1949～1979），《古脊椎动物与古人类》，17（4），1979。

杨钟健：中国古脊椎动物化石研究的回顾和成就，《科学通报》，23，1957。

（邓　涛）

脊椎动物起源突破性的化石发现

（Breakthrough Fossil Discovery of the Origin of Vertebrates）

1995以来，我国科学家在脊椎动物起源和早期演化科学领域取得了若干突破性的科学成果。5.2亿年早期脊椎动物化石（包括云南虫、海口鱼、昆明鱼和海口虫）在我国云南澄江和昆明海口两地寒武纪早期帽天山页岩地层中的发现，不仅将脊椎动物起源的历史前推到寒武纪大爆发事件，而且为回答诸如脊椎动物脊椎骨、牙齿和前端分节的起源，什么是脊椎动物，脊椎动物祖先的形态，它们的食性与生活环境又是如何等基本科学问题提供了科学依据。有关的成果分别已在*Nature*、*Science Progress* 和*Bioessays* 等杂志上发表。

脊椎动物起源和早期演化是一个备受瞩目却又令人困惑的进化事件。由于这一事件，地球上开始出现了最了不起的一类生物——脊椎动物。人类对脊椎动物起源问题的关注可以追溯到人类对进化以及对脊椎动物这棵生命树作为人类的母亲树有了最初的认同之后，即1859年达尔文进化论问世之后。

20世纪以来，脊椎动物起源和早期演化

无论在理论方面还是化石发现方面均未取得令人满意的科学成果。脊椎动物从何时开始出现，如何开始、演变，最早的祖先又是什么？这些问题长期困扰着我们。

将要告别20世纪的2个月内，英国的*Nature*先后两次分别报道了来自昆明5.2亿年前的原始脊椎动物昆明鱼、海口鱼和海口虫的发现。这些化石的发现不仅将脊椎动物化石记录前推到寒武纪早期，而且其中的海口虫以其完好的保存方式，展现了一幅活生生的包括人类在内脊椎动物远祖的肖像。解剖学重要细节表明：海口虫不仅与文昌鱼之间存在着惊人的相似性，而且众多的特征，如端脑、原脊椎、侧眼、软骨化的鳃弓和矿化的咽齿等则显示出海口虫可能是一种原始的脊椎动物。神经脊（neural crest）派生物（如软骨化的鳃弓和矿化的咽齿）在海口虫的发现，证明海口虫已实现从三胚层的无脊椎阶段向四胚层的脊椎阶段这一根本性的飞跃。海口虫处于头索动物与脊椎动物的分叉点附近且向脊椎动物方向演化这一关键性位置，为探索脊椎动物起源和早期演化的历史提供了科学依据。

脊椎动物的再认识——神经脊是脊椎动物起源与演化的关键性特征　科学认识过程是一个不断否定的认识过程。什么叫做脊椎动物？原以为用脊椎（或原脊椎）的存在与否来界定脊椎动物是一种既简单而又可行的方法，但这一方法用来鉴定盲鳗（Hagfish）是否是脊椎动物时却碰到了麻烦。盲鳗具有头颅等脊椎动物所特有的特征却没有脊椎这一事实，挑战了以脊椎（或原脊椎）的存在来界定脊椎动物这一传统性的依据。于是出现了有头类（craniates）这一概念。这一概念强调头颅的重要性，将原有脊椎动物广义化，将已具头颅但不具脊椎（甚至于原脊椎）的盲鳗涵盖在“有头类”这一分类系统内。

有头类这一新提出来的概念在界定海口虫时碰到了另一类麻烦。海口虫存在原脊椎，可用脊椎（或原脊椎）的定义来界定它为脊椎动物。但这一动物没有明确的头颅，无法用“有头类”来界定它为脊椎动物或有头类。

若区分脊椎动物与无脊椎脊索动物之间的关键特征既不在脊椎（或原脊椎），又不在头颅，那么什么才是关键特征呢？最近研究发现：脊椎动物在胚胎发育早期存在着无脊椎动物所没有的一种叫做神经脊（Neural crest）的组织。这一组织以直接或间接方式参与了大量脊椎动物所特有的组织和构造的发生过程。有人把神经脊这一组织解释为第四胚层。第四胚层（或神经脊）很可能就是区分脊椎动物与无脊椎脊索动物之间的关键特征。第四胚层的出现是使脊椎动物成为一支最为成功的动物类群的主要原因。第四胚层派生物在海口虫的发现表明：第四胚层在脊椎动物演化的黎明期就已经出现了。鉴于神经脊是界定脊椎动物最具关键性的特征，陈均远等在最近一篇文章中提出用神经脊动物（Cristozoa）这一名词来代替原有的有头类。

再现脊椎动物远祖的肖像　来自昆明海口5.2亿年前300余条鱼状海口虫化石的发现，为再现脊椎动物祖先生活习性、形态学和解剖学特征提供了可能。大小只有3 cm的动物不仅保存了眼、性腺、心脏、血管、脊索、肠道、生殖腺等构造，还保存了神经索及神经索前端膨大部分，即三分脑。这些保存极为完好的化石展现了一幅活生生的包括人类在内脊椎动物远祖的肖像（图10），改写了脊椎动物起源和早期演化的历史。这一发现被一些国外科学家誉为“人类重塑地球生命史的一项惊人成就”。

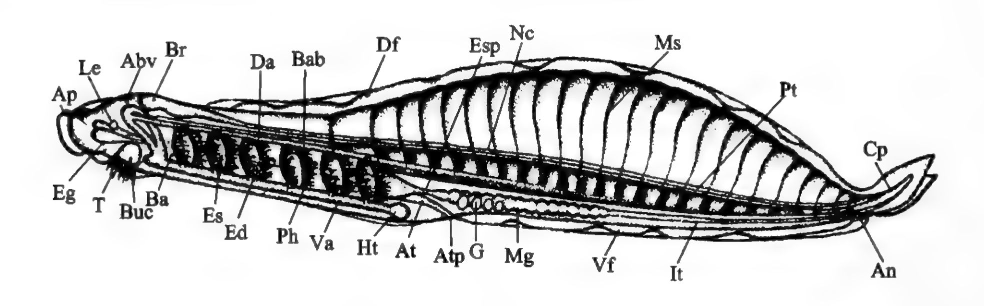


图10　海口虫解剖示意图

Abv，前支血管；An，肛门；Ap，前突；At，鳃腔；Atp，围鳃孔；Ba，鳃弓；Bab，鳃耙；Br，脑；Buc，口腔；Cp，尾突；Da，背动脉；Df，背鳍；Ed，咽齿；Eg，内柱腺；Es，内柱；Esp，咽；G，性腺；Ht，心脏；It，后肠；Le，侧眼；Mg，中肠；Ms，肌隔；Nc，神经索；Ph，鳃腔；Pt，原脊椎；T，口须；Va，腹动脉；Vf，腹鳍。

海口虫不仅与文昌鱼之间存在着惊人的相似性，而且众多的特征，如端脑、原脊椎、侧眼、骨化的带关节的鳃弓和矿化的咽齿等则显示出海口虫可能是一种原始的脊椎动物。神经脊派生物，如骨化的带关节的鳃弓和矿化的咽齿在海口虫的发现，证明海口虫已实现从三胚层的无脊椎阶段向四胚层的脊椎阶段这一根本性的飞跃。

海口虫由头咽区（占身体长度的1/3）、肌节区（占身体2/3）和一个很短的尾突三部分所组成。头咽区与肌节区之间有一重叠区。原脊椎纵贯身体 85%。具有不明显的背鳍、腹鳍和尾鳍。口腔外周边具有触手，深部具一圆环形反回流构造。咽腔由6对鳃弓所支持，每一鳃弓由 25 个暗色的可能中空的骨盘构造与浅色的盘状构造相互交替排列而成。每一个骨盘后方有一对骨耙。骨耙可能是鳃丝的支持构造。咽齿细小，位于第三对鳃弓附近。内柱脊状，位于咽腔的腹部，前端具一对滴珠状腺体。咽道位于咽腔的后部。肠道分为中肠和后肠。中肠呈螺旋状。神经索黑色，位于原脊椎的背部，其前端膨大形成三分脑。头部的两侧具侧眼。血液循环系统由一腹动脉、一对背动脉和位于腹动脉后端的心脏所组成。背、腹动脉前终端由一环形的支管所连接。海口虫肌节区由24 个肌节所组成。肌节由近直形肌隔所分隔。生殖腺共4对，位于咽腔的后部。雄性交配器可能只在交配期才出现，位于鳃孔附近。

脊椎动物祖先的生存环境与食性　长期以来，对“无脊椎动物向脊椎动物的过渡是发生在海水中还是淡水中”这一问题，一直存在着分歧。当前化石的发现证明了脊椎动物先是生活在海水环境中，后来才进入淡水环境。

大多数科学家认为早期脊椎动物的食性与现生文昌鱼相似，为滤食性生物。含有食物颗粒的水流通过纤毛的鞭打进入咽腔。内柱分泌一种粘液将水流中的食物颗粒粘结成为线条状构造并向后传送到肠道。水由咽裂排出。海口虫和云南虫存在内柱，说明它们均可能为滤食性生物。但海口虫和云南虫的鳃弓与无脊椎脊索动物不同，每一条鳃弓均由带关节的骨盘所组成。这类具有弹性的鳃弓表明海口虫和云南虫具有很强的吸入能力。它们可能通过咽肌的收缩和鳃弓的回弹，促使咽腔交替性一收一张，将水流吸入咽腔。许多人认为早期脊椎动物的泵水主要借助于

粗壮的肌鳃。但云南虫与海口虫鳃的构造不明显，这种鳃不可能用来泵水，很可能是一种反回流构造。

在海口虫和云南虫咽腔的中前部与后部分别发现骨化的咽齿。咽齿的发现说明早期脊椎动物已开始应用咽齿来破碎所获取的食物颗粒（藻类和原生动物）的外壳，使消化酶有可能进入食物内部。

云南虫和海口虫具有膨大的鼻状构造，可能已存在嗅上皮，然而具隐窝性的嗅觉器官在脊椎动物演化的后期才出现。

脊椎动物牙齿起源和表皮的骨骼化　尽管某些学者很早就已提出脊椎动物骨骼化开始于口咽区的牙齿这一观点，但脊椎动物牙齿作为表皮骨骼变异体这一观点仍为科学的主流。按后一观点，表皮骨骼化事件发生在先，以牙齿为代表的骨骼化事件在后。咽齿在软体云南虫和海口虫的发现，支持了以牙齿为代表的骨骼化事件早于表皮骨骼化事件的科学观点。脊椎动物牙齿骨骼化与表皮骨骼化可能是两种各自独立的演化过程。

脊椎动物前端分节的起源　对脊椎动物前端分节的起源存在着两个不同的科学观点。一派认为早期脊椎动物头部已存在一系列肌节、神经节和鳃节。以上分节在空间和发育上（即时间）以排序方式相互作用。另一派则认为脊椎动物鳃的分节与肌区的分节并不存在关联性，并认为脊椎动物前端原本就不存在肌节，前端肌节是脊椎动物演化的产物。

云南虫和海口虫前端均不存在肌节这一事实有力地支持了反分节学派。陈均远等认为原始脊索动物的肌节可能只分布在身体的后部。早期脊椎动物可能与它们的无脊椎动物的祖先相似，前端不存在肌节，前端肌节可能是身体后部肌节向前增生的结果。文昌鱼为进化的无脊椎脊索动物，它前端的肌节很可能也是进化的产物。被囊动物（如海蛸）是无脊椎脊索动物另一分支，这一分支演化趋向与脊椎动物和以文昌鱼为代表的头索动物相反，以肌节的丢失为特征。

参考文献

Chen, J. Y.（陈均远）, Dzik, J., Edgecombe, G. D., Ramskold, L. & Zhou, G. Q.: A possible Early Cambrian chordate, *Nature*, 377: 720～722, 1995。

Shu, D. G., Luo, H. L., Conway Morris, S., Zhang, X. L., Hu, S. X., Chen, L., Han, J., Zhu, M., Li, Y. & Chen, L. Z.: Lower Cambrian Vertebrates from South China, *Nature*, 402: 42～46, 1999。

Chen, J. Y.（陈均远）, Huang, D. Y. & Li, C. W.: An early Cambrian craniate-like chordate, *Nature*, 402: 518～522, 1999。

Chen, J. Y.（陈均远）& Li, C. W.: Distant ancestor of mankind unearthed: 520 million year-old fish-like fossils reveal early history of vertebrates, *Sci. Prog.*, 83: 123～133, 2000。

Holland, N. & Chen, J. Y.（陈均远）: Origin and early evolution of the vertebrates, *Bioessays*, 23:142～151, 2001。

（陈均远）

动物多样性起源的古生物学重大发现

(The Origins of Animal Diversity as Evidenced by Fossil Findings)

1998 年以来，我国科学家在动物多样性起源科学领域取得了若干突破性的科学发现：1. 以海绵化石及其胚胎化石为代表的5.8亿年前瓮安动物化石群的发现；2. 瓮安多细胞动物胚胎化石群多样性的发现与研究；3. 瓮安刺细胞动物群多样性的发现与研究；4. 瓮安原生动物群多样性的发现与研究。部分科学成果已在*Science* 和*Proc. Natl.*

Acad. Sci. USA 公布。

演化是生命本质所在，是一个能引起争论和激发思维的研究领域。达尔文从为了生存而适应这一价值观出发来理解演化，将生命演化描述为线性连贯性的过程。倒锥形进化树（图11，左图）是达尔文进化理论对生命演化历史的最基本构想。分布于昆明西山海口、澄江、安宁和晋宁等地5.2亿年前帽天山页岩化石群，揭示了在寒武纪早期短短的数百万年内，几乎包括脊索动物在内所有现生动物门一级，甚至包括脊椎动物在内的许多亚门，以及大量绝灭了的相当于门或纲一级的结构蓝图突发性出现。在以后5亿多年中不仅没有门一级分类系统的诞生，相反由于门一级分类系统绝灭而大幅度地减少。因而倒锥形进化树的模式是不符合客观事实的一种虚拟构想。实际上，动物多样性以另一完全不同的方式进行演化，这种方式称为“自上而下”演化。“自上而下”演化主要特点在于：演化以高级分类体系形成在先，子体系形成在后的方式进行。达尔文线性进化论认为高级分类体系之间的差异是由于微变化经长年累月累积的结果，差异较小的低级别分类体系形成在先，而高级分类体系形成在后，因而演化以“自下而上”模式进行。与“自上而下”演化模式相对应的进化宏观图式主要由一个在寒武纪早期突发性发生的蘑菇云式底座所构成（图11，右图）。蘑菇云向冠部逐渐缩小而不是扩展开来。当今丰富多彩的动物世界，只不过是寒武纪动物世界为数不多的幸存者发展的结果。

以上所构架的宏观进化模式是对达尔文传统模式的反叛，但这种反叛性模式在理论层面上目前还不完全清楚。这个进化图式，在寒武纪大爆发之前的历史，由于化石记录的缺乏至今还蒙着神秘的面纱。这一段历史的不确定性和多解性长期困扰着进化论学者。

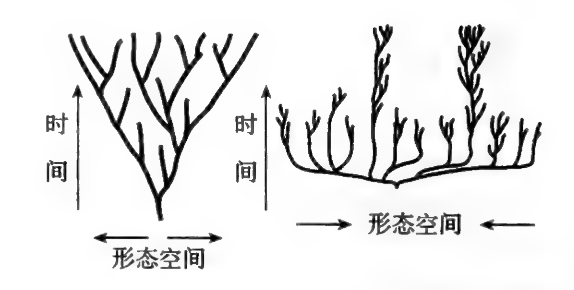


图11　进化树

左：倒锥形进化树　右：蘑菇云式进化树

发现于5.65亿～5.43亿年这一段地层中的依迪埃克拉生物群（Ediacara biota）曾被解释为地球上最早的一次动物辐射演化事件的产物，并称之为依迪埃克拉动物群。后来一些学者发现以上的解释存在许多问题因而对其提出质疑。例如解释为水母的圆盘状化石，为什么能在沙层以三维方式保存？为什么体内总是充满了沙？这些沙又是怎么进入生物体的内部？或者这一生物体根本不是营浮游生物的水母，而是以沙作为骨架的底栖生物。另外圆盘边缘缺乏同心纹，也证明了它们不像营浮游生活。大部分生物呈被状结构，这种结构可能是增加采光量的一种方式，因而有人认为它们可能根本不是后生动物，而是真菌类群或地衣类生物。依迪埃克拉生物群像一连串猜不透的谜。它们究竟是何物何类，我们不得其解。人类并没有因此而放弃努力，有趣的是我们对它们了解得愈多却愈加困惑，愈加不确定性和多解性。例如人们将一种名为 *Dickinsonian* 的化石分别解释为珊瑚、海葵、环节动物、多毛类、节肢动物、细菌、原生动物、新的门或界一级分类单位的代表，甚至将它解释为外空生物，等等。

科学对前寒武纪世界的无限困惑没有因50多年前依迪埃克拉生物群的发现和以后半个多世纪的研究而得到解决。相反，前寒武纪世界在人们的心目中更加神秘了。1998

年2月5日来自贵州瓮安距今5.8亿年前多细胞动物及其胚胎化石的发现，惊动了科学界。美国*Science*杂志为这一发现发表了“追溯动物的起源”，热情洋溢地评论：“来自中国化石的发现，使我们第一次目睹了生活在距今5.4亿年寒武纪大爆发之前我们所熟悉的动物，这些化石将有可能向我们展现动物历史黎明时期的全景。”《华盛顿邮报》为此发表了头版消息，称誉：“来自瓮安的化石发现是20世纪演化生物学的最重大成就之一。”这一发现由两个科学小组同时分别在*Science*和*Nature*杂志上公布。陈均远和台湾清华大学李家维主要报道了海绵化石的发现。他们通过岩石薄片的研究还揭示了磷酸盐化奇特的保存功能，不仅生物的成体及其胚胎形态得以完好保存，甚至细胞和亚细胞的构造都有可能得到保存。北京大学已故的张昀和美国哈佛大学的同行报道了多细胞动物胚胎SEM图像，并将这些图像与现在两侧对称动物的胚胎进行类比。

以上的发现仅仅窥视到前寒武纪多细胞动物世界的一角。海绵动物仅仅是动物界中最原始的一个类别。另外，陈均远等对张昀和美国哈佛大学的同行所报道的动物胚胎为两侧对称动物的产物存有疑问。一年来陈均远等对他们所报道的同一胚胎类型进行了大量研究。研究的结果表明这些胚胎为海绵动物的胚胎。

前寒武纪生命世界的全景还蒙着神秘的面纱。5.8亿年前除了海绵动物之外，辐射对称的两胚层动物和两侧对称动物是否存在这一问题有待于回答。1998年以来，一个跨区域、跨国度、跨学科领域的科学团队形成了，并开始了工作。这一团队包括来自加州理工学院国际知名的发育生物学家Eric Davidson和台湾清华大学李家维。一年来他们对来自贵州瓮安5.8亿年前所形成的磷酸盐岩石样品开展了深入的研究，除了发现大量海绵胚胎和微型成体化石之外，还首次发现了许多两胚层动物胚胎化石（主要为腔肠类，少数可与现生的海胡桃类比较）。他们还发现了一些胚胎化石与现生两侧对称动物的胚胎非常类似。更不可思议的是，类似于现生原口动物和后口类的胚胎化石均有所发现。以上重大的发现将包括两侧对称动物在内的动物的起源和多样性的历史前推到寒武纪大爆发之前4 000余万年。以上初步成果已在美国科学院院刊*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*发表，这一成果为瓮安动物群多样性的探索迈出了重要的一步。以上动物胚胎化石研究成果为前寒武纪生物学的知识板块增添了举足轻重的一页。同时又向人们提出“为什么只发现动物的胚胎和幼虫，而没有发现动物的成体”这一新的科学问题。该问题可能有以下三种答案：一是前寒武纪动物成体根本不存在；二是前寒武纪动物成体无法保存；三是前寒武纪动物成体存在但不容易被发现。研究人员把重点放在第三种可能性的答案上，信心百倍地去寻找多细胞动物的成体化石。奇迹性的发现终于出现了。自1999年8月份以来，研究人员先后发现了10余块床板珊瑚。床板珊瑚是一类已经绝灭了的珊瑚虫。所发现的珊瑚虫营群体生活，微型，3～4 mm大小，以轴向等分方式生长。群体由许多平行排列的细管状珊瑚体所组成，单体直径0.1～0.18 mm，由近等分完全横隔板所贯穿。萼体深杯状。在萼体的基部发现了保存有触手的珊瑚虫软体。珊瑚体横断面呈不规则的多边形，具不明显的隔壁刺。体壁和横隔板的结构方式与后来的床板珊瑚相同，这一事实表明他们所发现的化石外骨骼的组成与后来的珊瑚外骨骼相同。这一化石的发现，不仅改写了珊瑚虫类的起源和早期演化历史，而且将以方解石为外骨骼的珊瑚虫式生物骨骼

化历史前推到寒武纪大爆发事件之前四五千万年。不久前，研究人员又发现了一块水螅虫成体化石，这一螅体具鞘壁，多形，分别保存了生殖个体和营养个体，与现生某一水螅虫几乎无异。

这些发现为前寒武纪后生动物成体生物学的研究开辟了前景，但这还只是冰山的一角。前寒武纪生命世界的全景尚有待揭开。对胚胎化石一系列研究已清楚表明在瓮安动物群已有两侧对称动物的存在，而且两侧对称动物已进一步分异为原口动物和后口动物两大动物类群。寻找两侧对称多细胞动物的成体化石，将是陈均远科学小组与加州理工学院发育生物学家 Eric Davidson 所领导的 NASA 计划共同面临的最富有挑战性的科学目标。瓮安动物群是已知最古老的动物群，它所代表的时代处在动物多样性演化奠基性的阶段，比寒武纪大爆发事件早4 000 万年，瓮安动物群将为人类窥探动物多样性的起源提供独一无二的科学窗口，为重构动物多样性的起源和早期演化提供极为珍贵的科学依据。胚胎化石的研究为古生物学、发育生物学和进化生物学开辟了新的科学领域。现在大多数人认为多细胞动物根源于原生动物，但是起始于单一原生动物的祖先还是多个原生动物呢？了解后生动物是如何起源于原生动物这一问题，人们不仅需要早期后生动物的知识，而且也需要早期原生动物的知识。只有具备以上的知识，人们才有可能回答后生动物是如何起源于原生动物这一问题。瓮安动物群有发现后生动物的潜力。最近，陈均远等陆续发现了包括变形虫、纤毛虫在内的原生动物化石，为开展原生动物的研究展现了无限的前景。

参考文献

Li, C. W., Chen, J. Y. (陈均远) & Hua, T. E.: Precambrian sponges with cellular structures, *Science*, 279: 879～882, 1998。

Chen, J. Y. (陈均远), Olivert, P., Li, C. W., Zhou, G. Q., Gao, F., Hagadorn, J. W., Peterson, K. J. & Davidson, E. H.: Precambrian animal diversity: Putative phosphatized embryos from the Doushantuo Formation of China, *Proc. Nalt. Acad. Sci. USA*, 97 (9): 4 457～4 462, 2000。

（陈均远）

寒武纪大爆发和多细胞动物构型方案的起源（Cambrian Explosion and the Origins of Animal Body Plans）

5.2 亿年前帽天山页岩动物化石群（分布于云南昆明海口和澄江等地）揭示了在寒武纪早期短短的数百万年内，几乎所有现生动物门一级，以及大量绝灭了的相当于门或纲一级的结构蓝图突现于地层中。从此以后，地球上发生了大量门一级结构蓝图的绝灭，而不是新的门一级动物的出现。这一令人震撼的突发性进化事件，以及复杂生态系的突现向达尔文渐进式进化观提出了挑战。

达尔文的难题 结构复杂的三叶虫化石在寒武纪地层中突现这一事实，一直让达尔文头痛。在此之前，人们还不曾发现任何一个寒武纪之前的化石；大家便很自然地以为出现在寒武纪的复杂无脊椎动物，就是地球生物史上最早的生命。大概在5.4 亿年前，也就是寒武纪刚开始时，在短短几百万年间，绝大部分的“门”一级无脊椎动物都突然出现在地球上。从20 世纪60 年代以来，人们开始用“寒武纪大爆发”来称呼这一事件。那么，为什么地球历史上最初5/6 的时间里似乎没有令人鼓舞的事件发生？而寒武纪早期到底发生了什么？又是什么原因引起的呢？

如今，达尔文所遭遇的困难已部分解决。科学家已发现了寒武纪之前生命的化石记

录，其年代可追溯到35 亿年前。多细胞动物的实体化石可追溯到5.8 亿年前，可疑性的多细胞动物痕迹有可能更早，甚至在10 亿年前。然而5.8 亿年前可靠的多细胞动物，仍以最原始的海绵动物和两胚层动物为主，两侧对称动物最基本分类体系（超门级）虽然有了开始，但我们所熟悉的两侧对称动物门一级分类体系以及生动而复杂的多样化动物世界却在距今5.4 亿年到5.3 亿年期间以突然方式在我们的行星诞生了。寒武纪大爆发看起来仍然是很突然的。

不少人误以为化石记录是达尔文进化论的捍卫者，事实上化石的记录却使达尔文非常头痛。早在19 世纪初期，法国地质学家居维叶就已注意到，地层中的很多新种以突发性的方式出现，而不留任何痕迹显示它们是如何进化而来的。在达尔文看来，自然界好像故意隐藏证据，不让人们发现过渡性的中间类型。

伊甸园探秘　生命历史充满了奇迹，化石是奇迹存在的最重要的证据。对前寒武纪地层中的多细胞动物虽有不少报道，但确认无疑的化石记录几乎是空白，人类关于前寒武纪多细胞动物的知识，主要以生物的形迹或一些有争论的化石记录为依据。发现于贵州瓮安县境内陡山沱组地层中的瓮安动物群，为前寒武纪动物知识的暗区点燃了一盏明灯，为开展动物起源的研究提供了可靠的科学依据。

瓮安动物群是目前最古老的保存实体的化石动物群，代表的时代在寒武纪大爆发之前4 000 多万年，比澄江动物群早5 000 多万年，比澳大利亚依迪埃克拉生物群（Ediacara biota）还早2 000 多万年。分子演化学家对动物起源于何时这一问题的回答，不仅与化石记录存在着较大分歧，甚至分子演化学家之间也存在明显的分歧：一派认为是12 亿年前，另一派则认为是6.7 亿年前。

到目前为止，瓮安动物群不仅发现了无脊椎动物中最原始的一类生物海绵及其胚胎化石。除了海绵之外，陈均远等最近通过与现生动物胚胎的对比研究，已初步认定除海绵这一最原始分支外，动物界在寒武纪大爆发之前4 000 余万年已经分化为两胚层和三胚层两大体系，其中两胚层动物进一步分化为腔肠类和海胡桃类两个门一级单位，而三胚层动物分化为原口类和后口类两大超门类群。以上的多样性框架进而为以后“以门一级动物起源为主要特征的寒武纪大爆发事件”做好了必要的准备。

几亿年沧海桑田。层峦叠嶂的瓮安，在5.8 亿年前却是一片浅海。来自火山灰和海洋深处的磷元素，源源不断涌到这里。磷不仅作为重要的生命元素参与生命过程，使海域呈现一片生机，而且还有将有机体磷酸盐化，成为化石并长期保存的作用。这些磷酸盐化的化石成为探索远古生命历史最珍贵的史料。

陡山沱组代表前寒武纪全球性大冰期之后最早的浅海含磷地层记录。这些陡山沱组化石表明，磷酸盐化具有保存生物微细构造的无穷潜力。至于磷酸盐化如何将生物的软体组织和微细构造保存为化石的详细过程，还十分不清楚。这是一个等待着我们去探索的新世界，我们期待着更多的化石证据。总有一天化石证据会帮助解决分子演化学家之间的分歧，并以直观的方式展示生活在伊甸园中的动物是什么样的。这是多么令人兴奋的期待！

澄江动物化石群蕴藏着多样性的蓝本　当今多姿多彩的动物世界，包括了数以百万计的物种，但它们却能分别归于大约35 个门一级的分类系统中。而每一门中的所有物种，如脊索动物门中从寒武纪的云南虫、侏罗纪

的恐龙到现代的文昌鱼、鲨鱼、牛蛙以至我们人类，都有一个共同的基本构型蓝图。这些基本蓝图源远流长，深深根植于进化的长河之中。

达尔文线性进化论认为，进化是一个由简单向复杂的进化过程，因而结构最简单的海绵出现在先，然后是腔肠动物、扁虫、无体腔动物、假体腔动物，最后是真体腔动物的出现。这一线性的进化模型不仅没有得到古生物学的支持，而且受到了来自分子生物学的挑战。分子生物学的研究认为，后生动物分为四大超级类群，即前两侧对称动物（包括海绵、水母、腔肠动物等门一级类群）、蜕皮动物（Ecdysozoans，包括节肢动物、缓步类、有爪类、曳鳃类、线虫类等门一级类群）、纤毛环担轮动物（Lophotrochozoans，包括软体动物、环节动物、腕足动物、帚虫类、苔藓动物、管虫、扁虫等门一级类群）和后口动物超级类群（棘皮动物、半索动物和脊索动物门一级类群）。瓮安动物群的研究，不仅将前两侧对称动物门甚至于纲一级的起源历史前推到寒武纪大爆发之前5 000余万年，即雪球（Snow Ball Earth）事件之后不久，而且认为雪球事件的后期也是两侧对称动物三大超级类群的历史起点。

澄江动物化石群不仅为发生于5.4 亿年前的寒武纪生命大爆发事件提供了事实依据，同时也揭示了现今30 个门一级的两侧对称动物的分类系统，以及许多已经绝迹了的相当于门一级的化石类型，大多是在一次生物爆发事件中突然地出现在地球上，这次事件就是寒武纪大爆发。这一爆发事件可能由蜕皮动物、纤毛环担轮动物和后口动物三大辐射中心所组成。

寒武纪大爆发产生的数以百计的动物基本构型中，人们对脊索动物情有独钟。脊索动物是生命世界最富奇迹性的类群，包括头索类、鱼类、两栖类、爬行类、鸟类，以及哺乳类，是现代动物类群的重要组成部分。脊索动物最早祖先的发现是对云南虫（*Yunnanozoon*）化石再认识的结果。云南虫由侯先光等人命名，但他们把它放在分类位置不明的生物类别中。1995 年陈均远等在《自然》发表文章，指出云南虫具有脊索动物的解剖学特征，将云南虫解释为最古老的脊索动物。这个论点使脊索动物演化历史的起点从寒武纪中期往前推了1 500万年。

脊椎动物是脊索动物演化最为精彩的部分，它的存在，使地球生命成为不可思议的奇迹。化石记录的缺乏，使我们关于这一生物分支起源的知识不得不借助于推测。我们原以为一定有一个很不平凡的开始：全面内骨骼化（包括脊椎骨和头盖骨）和发达的脑的同步出现。化石的发现使我们十分意外，脊椎动物却以十分平凡的方式开始了它们的历史。

舒德干和陈均远两个科学小组，在1999 年不到一个月的时间里，先后在《自然》上报道了 5.2 亿年前脊椎动物祖先类型的发现。舒德干等将他们发现的两块鱼形化石命名为昆明鱼（*Myllokumingia*）和海口鱼（*Haikouichthus*），它们有很宽的鳍，肌节（肋条）呈 V 形和 W 形结构，鳍条清晰可见。陈均远等的文章公布了 300 余条鱼形化石的发现，并将它们命名为海口虫（*Haikouella*）。长仅 4 cm 的化石保存得极为完善，具有明显的头化现象，不仅有一个较大的脑和一对侧眼，而且脑已经有了三分迹象，即前脑、中脑和后脑。这表明脊椎动物的演化很可能以头化为重要起点，在寒武纪早期就已拉开了序幕。陈均远等认为海口虫不仅与文昌鱼之间存在着惊人的相似性，更多的特征（如端脑、原脊椎、侧眼、软骨化的鳃弓和矿化的咽齿）则显示出海口虫可能是一种原始的脊

椎动物。神经脊，只在脊椎动物胚胎期出现的一种组织，有人把它解释为脊椎动物所特有的胚层组织，或称为第四胚层。据神经脊派生物（如软骨化的鳃弓和矿化的咽齿）在海口虫的发现，证明海口虫已实现从三胚层的无脊椎阶段向四胚层的脊椎阶段这一根本性的飞跃。根据软骨化的鳃弓推测，海口虫存在脊椎动物另一重要特征，即内咽肌。海口虫的以上双重性特点不仅支持了脊椎动物起源于文昌鱼状祖先的这一理论，同时还反映了海口虫处在头索动物与脊椎动物的分叉点附近，且向脊椎动物方向演化的这一脊椎动物起源的关键性位置。

长期以来，教科书无不将现今仍生活在某些海域的文昌鱼作为最原始的脊索动物，认为它是包括人类的一切脊椎动物的祖先。其实，文昌鱼只是脊索动物一个演化侧支的代表性动物。由于生活方式简单，它们没有头化的演化过程，没有脑和眼的明确存在，几乎是演化上“不求上进”的一支。这一侧支与“积极向前”的脊椎动物的出现显然无缘，更不可能与大脑高度发达的人类建立亲缘关系。出于对祖先的崇奉，美国乌兹霍尔生物实验室（Woods Hole Lb.）里曾响亮着《从文昌鱼到您》之歌。由于云南虫作为脊索动物祖先的提出，1995年《纽约时报》发表专论，将歌改为《从云南虫通向您之路》，现在或许又有必要改为《从海口虫通向您之路》了。

次级构型方案的大爆发 寒武纪大爆发不仅导致了包括脊索动物在内的几乎一切动物门一级谱系结构的形成，开创了其后5.2亿年多元化进化的模式，而且许多类群建立不久，立即开始了相当于亚门或纲一级的次级构型方案多样性的爆发，其中以节肢动物类群最为突出。它的次级构型方案包括具背眼三分区的三叶虫、三分区三叶虫状节肢动物、单背甲节肢动物、两分区节肢动物、原螯肢类、原甲壳类、抚仙湖虫、大附肢节肢动物、微型节肢动物等平行的分支。研究显示，现生亚门级的节肢动物类群甚至昆虫和介形虫类的由来，均可能深深根源于寒武纪大爆发。

节肢动物亚门一级类群的头的组成相互可有明显的差异，化石的发现为回答这些不同类型的头是如何从节肢动物头的原型演化而来，以及节肢动物头的原型又是怎么样的等问题提供了重要线索。根据胚胎学的观察，人们推测，节肢动物的头是复合型的，是通过原头和躯干前端愈合和演化而成的。抚仙湖虫的头，由于进化的滞留，为以上的科学推测提供了依据。陈均远等曾指出，抚仙湖虫（*Fuxianhuia*）头部由一个很小的原头组成，原头为前脑之所在，其中前部伸出一对带柄的眼。原头通过关节与其后端的头甲连接。头甲保存有一对小触角和一对螯肢，分别与中脑和后脑相对应。抚仙湖虫躯干前端已经担负着头的某些功能，但未与原头愈合。

澄江化石记录为昆虫的起源提供了新的解释：昆虫可能是寒武纪节肢动物次级构型方案大爆发的产物。昆虫是节肢动物进化史中最为成功的生物类别，最早发现于泥盆纪，翅膀到石炭纪才开始出现。人们推测昆虫起源于多足类，最近由于单肢类节肢动物单源说的解体和单肢类节肢动物直虾类（*Euthycarcinoidea*）化石的发现，使多足类起源说受到了挑战，认为直虾类才是昆虫的祖先。直虾类化石记录始于志留纪晚期，与抚仙湖虫共有许多重要的特征，如原头，身体分为头、胸、腹三个体区，背分节与腹分节的不一致性等。以上的相似性支持了直虾类起源于抚仙湖虫的解释。

多腿缓步类是已经绝灭的门一级同源生物类群。它们生活在寒武纪早中期，成员的

形态均怪异得不可思议，似是梦幻中的怪物，或是生长在另一星际的生物。如不为其表面特征所困惑，可以发现它们隐藏着一个共同的构型蓝图：躯体圆柱形，由不分节的腿支持；头部没有明显分化但较长；在最后一对腿之后有一个不明显的尾突，但在部分类型中不存在尾突。多腿缓步类在构型蓝图形成之后，便迅速开始了次级构型方案的大爆发。澄江动物群包括了 7 种以上亚门级构型方案，分别以罗哩山虫（*Luolishania*）、微网虫（*Microdictyon*）、怪诞虫（*Hallucigenia*）、爪网虫（*Onychodictyon*）、心网虫（*Cardiodictyon*）和少足虫（*Paucipodia*）等类型为代表。

金字塔式生态系统的突现和化石证据

寒武纪大爆发不仅是动物构型蓝图的伟大诞辰，也是生态系统从非金字塔式到金字塔式转变的突变事件。金字塔式生态系统是生命复杂系统中的一种自组织结构。这种自组织结构通过食物链进行能量的流动和物质的循环，充满着血腥和竞争。生态系统统一性源自这种复杂而有序的物质循环和能量流动作用，也就是说，是在血腥和竞争基础上的平衡和统一。这种物质循环体系和能量流动作用加速了食性分化，引发了“军备竞赛”。

大爆发之初，以“小壳”动物群为代表的骨骼化事件，可理解为“军备竞赛”的产物。身披骨片和骨针的小型毛虫状动物在海底缓缓而行，这种防护体系在当时似乎很安全。进入玉案山期，出现以三叶虫为代表的新的防护体系，体表不仅有非常坚硬的矿化外骨骼保护，而且有发达的视力和活动力，以便对危险做出快捷的反应。以上防护体系的演化，与食肉类攻击能力的提高有关。

奇虾类（Anomalocarids）是当时攻击能力最强的食肉动物，是已绝灭的生物类型，与节肢动物有亲缘关系，可能由共同的祖先演化而来。当时动物平均大小只有几毫米到几厘米，而奇虾类的个体最大可达2 m 以上，无愧为巨型食肉动物。它们身体呈流线型，背腹扁平，善于游泳；具一对分节的用于猎食的巨型前肢；口的直径可达25 cm，可吞食当时的任何大型生物；口腔装备了几丁质外齿和内齿，具很强的肢解能力，甚至对有矿化外甲保护的三叶虫构成了威胁。奇虾类的出现，标志着金字塔式自组织体系的确立和完善。

寒武纪大爆发不仅是成种作用的突变过程，也是生命系统新的自组织结构的“催产婆”。这种新的结构具有复杂的内部多样性和高度的统一性。从非金字塔式到金字塔式自组织结构的突变，是一个极其复杂的进化过程，以食性分化为特征的成种过程是这种过程关键性的组成部分。我们很难设想，达尔文进化力能在一两百万年短短的地质瞬间实现这一突变。

小壳化石为寒武纪大爆发拉开序幕

寒武纪大爆发的序幕以小壳化石的突现为标志。20 世纪60 年代以来，世界上许多地区的寒武纪底部地层中，都发现有大量骨片化石，出现的层位比三叶虫早了数百万年。它们的大小只有几毫米，很可能是毛虫状生物身上的骨片（硬壳）或骨刺，称为小壳化石。在云南东部晋宁、澄江一带，小壳化石最早出现于下含磷段，其类别相当单调，但在上含磷段的底部其歧异度便突然大幅增加。它们究竟来自哪一类群的生物，至今仍然无法确定。

骨片化石的出现像是一声呐喊，宣布了多细胞动物多样性的开始。有人对骨片化石的出现不以为然，认为表皮没有骨片的祖先生物在寒武纪之前可能早已存在，由于环境的变迁，或因生物骨骼化机制的形成，于是在寒武纪到来之际，许多生物都不约而同地

在表皮上长出外壳来。其实，生物矿化是很古老的机制，至少有10亿年以上的历史，因而带骨片生物的突现，与生物矿化机制的形成没有关系。此外，造骨元素如钙、磷在前寒武纪海洋中不但不缺乏，反而有过饱和的情况。瓮安动物群带硅质骨针海绵化石的发现，证明多细胞生物矿化早在小壳化石之前4 000多万年就已开始，因此以海洋环境的变化来解释骨片化石的突现也缺乏依据。生物矿化是低能耗过程，因此与含氧量变化也无关。带骨片生物的突现，与寒武纪大爆发的生物演化事件有关。

生痕化石为寒武纪大爆发作证　生物活动时留在沉积物中的痕迹也能保存下来成为化石，称为生痕化石。生痕化石为寒武纪大爆发演化事件的存在提供了重要证据。在大爆发之前，生物行为极为简单。行为的复杂化拉开了大爆发事件的序幕。保存在晋宁三家村寒武纪底部含磷沉积中的生痕化石，已明确地说明了这一重要事实。梅树村组下含磷段所记录的生物行为复杂化事件，与小壳化石的突现几乎同步。节肢动物用于行走的带爪内肢，在地层中留下特有的痕迹。它在梅树村组下含磷段的出现，证明结构复杂的三胚层构型方案多样性的爆发在梅树村期已拉开序幕。而在较年轻的石崖头组岩层中所保存的生痕化石，显示了生物行为进一步复杂化的趋势，生物潜穴和扰动能力有大幅的提升，潜入沉积层的深度可达数十厘米。

潜穴和扰动能力的大幅提升，可能与三胚层动物爆发性的出现有关。帽天山组地层中的生痕化石，显示生物行为的复杂度已达到顶点，在以后3亿多年中处于稳定状态。此外，在大爆发期间还出现了一些独特的形迹，这些形迹在较年轻的地层中从未发现过。

寒武纪生命大爆发的本质和引发原因　寒武纪大爆发的确是一件不可思议的突发事件。各种假说层出不穷，试图对这一事件进行解释。

主张生态革命的解释以“收成原理说”为代表。伟大的地质学家赖尔（C. Lyell）说过：如果一个科学假设与常识的判断相驳，那么它就是最漂亮、最令人兴奋的。斯坦利（S. M. Stanley）1973年提出，可用生态学收成原理（cropping principle）来解释寒武纪大爆发，他认为收成原理刚好就是这么一个具有反直觉的自然现象。这一学说认为，小型植食性动物的出现，是寒武纪大爆发的主要诱因。“群落”是寒武纪大爆发生命演化的主角，其关键在于演化出能够“收拾”藻类的植食性单细胞原生生物。有了这些掠食者，便有机会为初级生产者提供新的空间，于是更多的生产者和更多的掠食者演化出来。整个生态体系的金字塔不论朝上朝下，都能大肆地爆发繁衍。在此之前，持续30亿年之久的海洋，由简单的初级生产者（前寒武纪的藻类集群）独霸。由于没有掠食者，整个前寒武纪生物群的组成极为单调。

“收成原理说”将寒武纪大爆发解释为一场生态革命，这一说法并非一无是处，因为动物食性的分化确实是成种作用的一种催化剂。但它并不能解释，为什么寒武纪早期是一个充满演化机遇的世界，为什么几乎所有现代动物的门类都在寒武纪的早期出现等问题。

外部环境催化论以“含氧量上升说”为代表。此学说基于这样的认识：寒武纪期间之所以会有各种复杂的生物快速地演化出来，一定是祖先型生物在其生存环境中遇到了某种特殊的变化。1964年，美国物理学家柏克纳（L. V. Berkner）和马歇尔（L. C. Marshall）指出，大气中的氧气含量是直接主导寒武纪大爆发最重要的一个因素。这是当时很流行的一种说法，也是一种非生物的

“物理主义”观。持这种观点的人，认为氧气含量是多细胞动物在演化上的一个自然障碍。当这一障碍消除后，多细胞动物便会立即出现，而且迅速演化。

据这一说法，在寒武纪刚开始的时候，大气中的氧气刚好累积到足够的含量，使动物能够进行呼吸作用，而且能够隔离紫外线，促使大量的生物在短时间内演化出来。乍听之下似乎很有道理，但它并没有得到地质学有力的支持。早在25 亿年前，能够进行光合作用的细胞就已在地球上大行其道。我们实在没什么理由相信，地球得花上 20 亿年的时间，才能在大气中储存充分的氧气来供动物呼吸。在距今20 亿～10 亿年前形成的沉积岩层中，就含有大量的氧化铁矿层以及被严重氧化的岩石，这说明至少在那时，海水中（特别是浅海海域）的氧气含量就已很高了。

“设计”革命论以“发育调控机制说”为代表。瓦楞泰（J. W. Valentine）等1996 年撰文，从发育机制的演化来解释寒武纪大爆发，认为多细胞动物造型体制的突发性出现，与发育机制的革新有密切关系，多细胞动物体轴建制的产生受到母体和早期核控基因的调控。躯体分区和分形的确立主要受控于 *Hox* 基因簇。*Hox* 基因簇所包含的基因数与造型复杂性有正比关系，如线虫只有 4 个基因，果蝇有 8 个，文昌鱼有 10 个，小鼠有 38 个基因含在4 个基因簇内。他们认为，一系列体制复杂的多细胞动物大约出现在 5.3 亿年前，在5.65 亿年前到5.3 亿年前期间，发生了一系列的重大演化事件，包括原口类与后口类两大超类群的分化、许多多细胞动物独立分支的产生以及各种造型体制的产生和演化。他们认为寒武纪大爆发是以下列三个方式当中的一个来进行的。其一，在5.65 亿年前，*Hox* 基因簇已有6～8 个基因，而且在其后的3 000 多万年期间并非无明显的扩编。其二，在5.65 亿年前之后的3 000 多万年间，*Hox* 基因曾不断扩编，并导致原口类与后口类的分化，以及许多多细胞动物独立支系的产生。而在寒武纪大爆发时期，调控基因的复杂性已达某一临界值，许多高等无脊椎动物因调控基因的重新建构而发生瀑布式辐射现象。其三，原口类与后口类的共同祖先发生于5.35亿年前左右，其后不久即发生了多细胞动物分支系统和造型体制的多样性事件。笔者认为第二种解释比较合理。

“细胞说”将寒武纪大爆发解释为一场“建材”革命。瓦楞泰也提出细胞多样性的理论来解释大爆发。他认为在大爆发事件中，生物形态复杂化程度也有显著的提升，而这一形态复杂度的形成，必须在细胞多样性演化达到40～50 种时才有可能发生。细胞类型的多样性显示，大量构造基因的存在与基因调控机制复杂性的提高有关，这也就是各门类（或纲）多细胞动物造型体制纷纷出现的原因。但这个假说是建立在推测基础之上的。蛋白质结构域的总数很可能不超过1 万，通过混组（shuffling）作用即可形成所有已知的蛋白质。而早在17 亿年前，这些结构域可能就已确立了，因此没有理由相信细胞的多样性会是寒武纪大爆发的原因。

“重组生殖说”认为共生是不同物种间的自然结合，因为共生关系可能导致生物体新的构造和生理现象的产生。马方利斯（L. Margulis）和科恩（J. E. Cohen）认为，所有真核生物都是从早期的共生起源演化而来的，共生基因的重组可能会推动生物多样性的发展，前寒武纪末期和寒武纪初期大型动物的突现可能与共生有关。

奥塔（T. Ohta）最近提出“基因反转录说”，为寒武纪大爆发“设计”革命的本质做了重要的补充性解释。他认为反转录在生命演化初期是经常发生的一种现象，因而对基

因、基因簇和核酶（ribozymes）的早期演化应该有非常重要的影响。这个说法也有待证实。

挑战达尔文　或许人人都能毫不迟疑地说出哪些是生命，哪些是非生命。而训练有素的科学家，却为“什么是生命”这一简单而基本的问题深深困惑着。人类对生命存在的观念是人类文明的重要标志。人类在漫长的岁月中对周围的存在保持着暧昧不明的状态，相信世界的不变性和神的威力。《物种起源》一书建立了演化的理念，挑战世界的不变性和神的威力，不能不说是近代生物学的开山之作。但达尔文的理论也存在片面性和局限性，他关于生命演化的各种解释，事实上都处于科学假说阶段。

演化是生命本质所在，是一个能引起争论和激发思维的研究领域。达尔文从为了生存而适应这一价值观出发来理解演化，将生命演化描述为线性连贯性的过程。一个多世纪以来，演化论有许多重要的发展，天择仍是广为接受的核心模型，将物种的形成解释为自然选择作用的缓慢过程。在达尔文的世界里，“天地不仁，以万物为猪狗”，演化被解释为为了生存而变异的结果。

20世纪自20年代以来，进化论吸纳了孟德尔遗传学、生物统计学、社会生物学的精华，到40年代一个新的综合理论体系，即现代综合进化论诞生了。这一理论将演化界定为某一种群（population）基因构成的变化，是达尔文的进化论与种群遗传学联姻的产物。这一理论将演化上的重大变化，即宏演化，归结于微演化的积累和叠加，其核心仍是天择论。

居维叶早在达尔文之前，就已发现了古生物化石记录不连贯性的事实，但他将它视为神迹。这一不连贯性到20世纪70年代再度被提出，埃尔德雷奇（N. Eldredge）和古尔德（S. J. Gould）将之归纳为间断平衡论（punctuated equilibrium），挑战达尔文的线性演化观，认为渐变和突变在时间上是交替出现的。事实上渐变和突变不仅在时间上，而且在空间上也是交替性的。另外，突变又有绝灭和复苏两种形式，它们也是互为连锁的。间断平衡论一方面承认突变事实的存在，另一方面从现代综合进化论出发，将突发性的演化归因于基因异域隔离。异域成种理论是现代综合进化论一个重要的理论补充。

如果适应是演化和变异的基本动力，那么生命应停滞在具有无穷适应的细菌阶段。复杂的生命存在形式包括人类在内，将没有存在的理由。在这复杂系统的世界中，适应或许根本不是导致演化和变异的基本动力，而是一种起着稳定作用的力量，使旧有的生命继续存在而不被改变；即使改变，也是一种渐进过程。所以，最原始的细菌、最原始的脊索动物如文昌鱼与人类会在同一时空交会。生命新的存在形式突然出现，是生命的自发行为，这种行为在生存层次上被接受了下来。

达尔文成种理论从物种水平来观察生命，忽视了生命现象的层次结构和不同尺度。陈均远在1995年香山科学讨论会上提出的广义演化论，将生命描绘为复杂系统演化的终端产物。生命复杂系统是具有高度自治性的复杂系统，从分子、细胞、个体、种群、群落乃至整个生物圈的各个层次，每一层次都有相对应的演化驱动机制，对信息或系统的消长具有“感知”和“放大”作用，而且能自发地选择某种模式，并导致系统的突发。

达尔文的演化论中，生命演化的探讨以个体为事件的主角。但在分子演化生物学家眼中，基因才是演化的主体。这两种看法都不算对，但也不全错。生命系统是个自组织系统，内部结构极为复杂，而且由许多自相

似的子系统组合而成。生命系统及其所有的子系统都是能量的受体、载体和导体。演化是一种自发性行为，必须不断补充能量才能进行，而发生在每一系统内、各个系统间，以及生命系统与自然界之间的一切能量、物质和信息的交换作用，就是推动生物演化的原动力。

从控制发育的调控基因寻求突变的原因，早在1940年就已萌芽。戈尔什米特（R. B. Goldschmidt）在《演化的物质基础》一书中，对现代综合进化论提出了挑战。他认为种群遗传学不可能解释新的复杂构造的产生，宏演化不可能通过微演化而产生，应另有其他途径；他认为同源基因才是引起重大形态变化的根源。

1975年金（M. C. King）和威尔逊（A. C. Wilson）公布了人类和猩猩基因对比研究的结果，证明了人类和猩猩的基因有99%以上是完全相同的，这使人们不得不相信调控基因是引起演化重大变化的重要原因，大大激发了从事发育调控分子机制研究的热情。步入90年代后，动物各类群之间不仅发现了同源调控基因和同源发育途径，同时还发现这些同源调控基因表达方式的改变，可直接导致有机体各组分发生结构性和功能性的变化。这三个发现不仅为突变提供了理论解释，同时为发育生物学和演化生物学的联姻奠定了理论基础。这次联姻是对现代综合进化论的一次重要超越。

倒锥形进化树是达尔文进化论对生命演化历史的最基本构想，但化石记录对此提出了挑战，澄江动物化石群为我们从最基本构型方案来观察动物世界及其多样性提供了依据。我们所看到的不是达尔文所预见的进化树，而是另一种情况：构型方案多样性在寒武纪早期爆发式地扩展到极点，在随后5亿多年的漫长历史中，不仅没有任何新的构型方案产生，相反许多构型方案却很快就走向绝灭。寒武纪大爆发让人们从构型方案层面来看生命多样性的演化。多样性在寒武纪早期呈一个宽大的底座，由近百个甚至更多的相当于门一级的构型方案组成，由于绝灭，蜕化到当今的35个门。如果从物种水平来看某一类群的多样性时空模式，将有可能看到不断扩张、不断蜕化或者是无规律性的模式。因而生命多样性时空模式具层次性，如从门一级层次来描述多样性时空模式。当今丰富多彩的动物世界，只不过是寒武纪动物世界为数不多的幸存者发展的结果。

参考文献

Li, C. W., Chen, J. Y.（陈均远）& Hua, T. E.: *Science*, 279: 879～882, 1998。

Chen, J. Y.（陈均远）et al.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 97 (9): 4 457～4 462, 2000。

Chen, J. Y.（陈均远）et al.: *Nature*, 377: 720, 1995。

Shu, D. G. et al.: *Nature*, 402: 42～46, 1999。

Chen, J. Y.（陈均远）, Huang, D. Y. & Li, C. W.: *Nature*, 402: 518～522, 1999。

Chen, J. Y.（陈均远）et al.: *Science*, 268: 1339, 1995。

Chen, J. Y.（陈均远）et al.: *Science*, 264: 1304, 1994。

（陈均远）

古植物学

（Paleobotany）

古植物学是研究地球上曾经生活过的各门类植物的起源、盛、衰和消亡以及它们与环境之间相互关系的一门科学。它的研究对象是被人们发掘出来的古代植物的遗体或遗迹，即通常所称的化石植物，它是研究植物演变历史的原料。因此古植物学家也是植物历史学家。

如同现代植物学是生物学中的一个分支一样，古植物学不仅是古生物学，也是植物学的一个重要分支。化石植物通常分为大化石植物和微化石植物。前者通常是指肉眼可见的化石植物的各个器官，如叶、茎、根、雌雄花穗、球果、果实或种子以及可见的碎片残屑等。后者则包括必须借助于各类显微镜才能看清楚的菌、藻个体，植物的大小孢子、花粉、表皮碎片、茎干碎屑等。

20 世纪的中国古植物学大致可分为三个阶段：50 年代以前的开创阶段，50 年代至 70 年代的发展阶段以及 80 年代以后的现代古植物学阶段。

50 年代以前的孕育阶段

20 世纪初期的中国古植物学研究几乎全被外国人包办代替。到1916 年由于开采矿业的考察中需要对各门类化石进行鉴定，中国地质学创始人丁文江（1887～1936）安排周赞衡跟随瑞典的赫勒（Halle，T. G.）采集、鉴定化石植物，赫勒回瑞典后丁文江继续派周赞衡从师赫勒去瑞典留学，习研中生代植物。回国后于1923 年在中央地质调查所的《地质汇报》的5 号2 册中发表了“山东白垩纪之植物化石”，这是中国学者研究自己国家的化石植物的处女作。1931 年以前周赞衡担任中央地质调查所古植物学研究室主任，后来从事行政管理和地质学会及学术刊物的出版工作。

斯行健（1901～1964）　1933 年回国前他连续发表了7 篇有关我国古、中生代植物的论文。在清华大学和北京大学任教的同时还在中央研究院地质研究所和北平研究院进行古植物研究。在50 年代以前的20 年中完成古植物研究论文60 余篇。其中“峨眉山玄武岩中树状羊齿之研究”的深入程度可与现代植物的研究相媲美。1950 年他被任命为南京地质古生物研究所研究员兼代理所长，后任所长。他毕生的主要精力不仅集中在古植物学和相关地层学，为我国的地层古植物学做出了杰出的贡献，而且还做了不少古植物解剖学和植物化石与环境关系的研究以及古植物的科学普及工作。他不愧为中国古植物学的奠基人。

徐仁（1910～1992）　1952 年回国后先在南京中国科学院南京古生物研究所创建了中国首家孢粉学实验室，后来为了当时地质勘探、划分对比地层之需，编写“孢粉学讲义”，开办孢粉训练班，培养了一批学术带头人。继南京古生物所孢粉实验室建立之后，他还在北京中国地质科学院（1955）和中国科学院植物研究所古植物研究室内（1962）分别建立了孢粉学实验机构，这三个实验室（组）在20 世纪对我国的孢粉学发展起到了先导的作用。徐仁虽然是中国孢粉学的奠基人，但是他毕生的主要精力仍然是在大化石植物上。70 年代他对青藏高原化石植物进行研究，结合板块构造理论论证了高原隆起的原因、时代和升幅。他开创了古植物生态学，通过景观图的形式把古地理、古气候、古环境等学科有机地结合起来。80 年代初他发表的“中国晚白垩世和新生代植被及其与北美的关系”，阐明了东亚与北美两个植物区系中现存有不少相同的属，乃系原地孑遗而不是迁移，从而合理地解释了植物地理学中长期存在的疑题。徐仁根据大量的古植物学资料，明确地指出我国南方中生代含煤地层主要是晚三叠世沉积，随着时间的发展和气候带的转移，含煤沉积的时代从中国的西南部向东、向北，由晚三叠世逐渐过渡到早侏罗世。这个结论不仅纠正了长期以来认为南方中生代煤层主要是早侏罗世的观点，而且为南方找煤指出了方向。

李星学（1917～　　）　从1945 年开始从师斯行健，合作发表和自己单独发表古植

物论文多篇。1951年调入中科院古生物所后一直从事地层古植物的研究工作，尤精于华夏植物群和东北白垩纪植物群研究。属于前者的《华北月门沟群植物化石》对赫勒关于华夏植物群的经典著作《山西中部古生代植物》做了重要补充和修正。他首次提出华北古生代植物组合顺序，将华夏植物群分为早、中、晚3个时期，并将中、晚期又各分为A、B两期。从地区上他还将华夏植物区分为南、北两个亚区。他还详细研究了青藏高原华夏植物群在二叠纪时的地理分布。1995年12月他组织有关人员出版了《中国地质时期植物群》，对我国不同的地质时期（以大化石为主体）的植物区系成分、性质、特征以及演化的历程做了系统的总结性分析。他继斯行健之后在地层古植物学方面成果丰硕，做出了重要的贡献。

在孕育阶段中除了上述诸位以外还有张景钺、乐森玥、计荣森、潘钟祥、阮维周、胡先骕、彭瑞琪、陈国达、王鸿祯、边兆祥以及卢衍豪等，这是本阶段国人的古植物学研究的基本阵容。其中潘钟祥1936年的"陕北古期中生代植物"和胡先骕与钱耐合作研究的"山东中新世植物群"两文在当时产生了重大的影响。

50年代至70年代中期的发展阶段(1950～1976)

从1949年开始，由于经济建设的迅速发展需要大力"开发矿业"，广泛的地质普查、搞清地层的需要使古植物学也随着地质学的迅猛发展而发展。原来属于中央研究院地质研究所和中央地质调查所的有关古植物工作人员、图书、设备先后集中到南京新成立的古生物研究所(该所1958年以后改名为南京地质古生物研究所)，在斯行健所长领导下成立了第一个古植物学的研究机构——古植物组。徐仁在1952年回国后被安排到该所工作。他于1953年在这个组中成立了孢粉实验室。该实验室为了适应国家在煤炭、石油和天然气资源方面对划分、对比地层之急需，于1954年迁京暂归地质部领导，1956年部分并入新成立的地质矿产研究所，主要解决生产上地层划分与对比的问题。

南京古生物研究所从1954年开始，其古植物和孢粉的研究人员增加很快，成了全国古植物和孢粉的研究中心。上述两个单位后来为我国的地层单元划分与对比做出了巨大的贡献。

北京的中国科学院植物研究所，为配合植物系统发育和植被演替中重大理论课题的研究，很需要古植物学的参与，遂于1959年9月成立了古植物学研究室。

地质部的地质科学院在50年代以后，虽然院本部从事古植物工作的人数不多，但各大区的地质矿产研究所和石油、煤炭系统的野外队都有专职或兼职从事古植物方面的工作者。综合性大学的地质系和地质院校也都有人从事古植物方面的教学与研究。

在本阶段的近30年中做出了不少的成绩。如：(1)在完成生产任务过程中，发现了很多新的化石植物的产地，这为后来深入研究古植物提供了材料来源的信息。(2)一批专著、总结性著作和译作的出版。除了发表在《中国古生物志》新甲种上的第3号和第4号（1952)、第5号（1956）和第6号（1963）以外，还有《中国古生代植物》（斯行健、李星学等，1963)、《中国古生代植物》(南京地质古生物研究所和植物研究所合作，1974)、《中国新生代植物》(植物研究所和南京地质古生物研究所合作，1978)，译作有《花粉及孢子图鉴》(斯行健，1955)、《古植物学》(姚兆奇、张志诚等，1965）及宋之琛等合作的《孢子花粉分析》(1965)。更多的科研成果则发表在各种学术刊物上。

我国是世界上惟一的具有从志留纪到第四纪陆相或海陆过渡相地层齐全，以及在石炭、二叠纪时兼具世界四大植物区系（欧美植物区系、冈瓦纳植物区系、安加拉植物区系和华夏植物区系）的国家。这为研究地层层序和演化植物学（植物系统学）及与它相应的有关分支学科提供了良好的天然基础。因此，20 世纪后半个世纪，不仅我国华夏植物区系和其他三个植物区系的区系成分、特点、界线及对比等研究成绩斐然，而且对各个时代和各个大、小地区的植物区系也研究得颇为深入。因此各个地质时期中很多大小区域的植物区系研究硕果累累。《中国地质时期植物群》（李星学等，1995）是20 世纪我国古植物区系的总结巨著，在此不再赘述。

恢复、发展与昌盛时期（1976～　　）

1978 年国家开始建立了学位制度，培养了大批硕士、博士，他们有的在煤核种子的三维重建方面做了很好的工作，有的引进了鉴定被子植物叶化石的新方法。各种学术团体或是新建立，或是学术活动非常活跃；学术刊物，如《微体古生物学报》、《华夏古生物》和《古植物学与孢粉学文集》等陆续创刊；一系列的各大行政区的古生物图册相继问世；古植物学研究呈现空前的繁荣。成果可归纳为下列几个方面：

窥探真核生物的祖宗　1982 年，阎玉忠首次报道了在河北蓟县长城系串岭沟组（约18 亿年前）页岩的切片中，发现了数以千计的裂梭藻（*Schizofusa*）。细胞两侧对称，结构复杂且个体大，无疑可视为时代最老的真核单细胞的证据。

真核多细胞的出现是植物界演化中的重要事件之一。在蓟县长城系团山子组距今17 亿年的地层中发现了4 属6 种个体大、体态分化程度高的宏观藻类。这些藻体底栖、直立生长，已由辐射对称发展成两侧对称，是当今地质时期最老的高等藻类。

在湖北秭归震旦系陡山沱组上部（约7 亿年前）的庙河剖面上发现了拟浒苔（*Enteromophites* Zhu WQ et Chen ME，1984）以后，在原剖面和皖南休宁的相应地层中找到很多非钙质藻化石。

在贵州瓮安震旦纪（约6.5 亿年前）的磷块岩中发现了具有生殖结构的真红藻类化石——叶藻（*Thallophyca*），这是目前世界上已知的前寒武纪非维管植物化石记录中第一例有性生殖的组织形态学证据。

轮藻研究在我国虽起步较晚，但是从80 年代开始不仅发现了很多新类型，而且还在系统分类方面提出了新见解。《化石藻类学导论》（刘志礼，1990）的出版，对该学科是一大促进。

维管植物的起源是植物演化的另一个重要事件。在贵州凤冈志留纪底部地层（4.25 亿年前）中发现的新属、新种黔羽枝（*Pinnatiramosus qianensis* Gen，1986）兼具似藻类的形态和原始维管植物的内部结构，很可能就是最原始的维管植物或维管植物的祖先。

早期陆地植物的多样性　在云南文山坡松冲组（相当于3.94 亿年前的早泥盆世西根期Siegenian）的地层中，属种最为丰富。从1983 年开始至1999 年发现新属12 个、新种14 个（隶属瑞尼蕨门、工蕨门、三枝蕨门和石松门等4 个门）。在这么小的地域范围内，在如此老的地层时代中竟能发掘出这么多门类的植物，形态之复杂，分化程度之高，实属当今世界罕见，未来很可能会成为21 世纪的国际焦点。此外，四川江油下泥盆统，一次就发掘出9 属13 种（其中新属占62%，新种占57%），跨属5 个门；2 000 多万年后的晚泥盆世的地层中见到了长达24 cm、宽20 cm 的大叶。这些证据说明植物登陆以后分化

(多样性)、发展之快。

种子(和被子)植物的起源是植物演化中的重要事件。它们的出现给植物的发展带来飞跃。80 年代开始,我国在石炭、二叠纪的煤核中新发现了不少具解剖结构的典型种子,如中国靓子(*Callospermarion sinensis*, Zhao 1989), *Pachytesta parva* (ZM Li 1990), *Parataxospermum taiyuanensis* (ZM Li 1993)。可见探索种子植物的起源应在更老的地层中寻找。Li CS 和J. Hilton 于1997 年在武汉晚泥盆世地层中发现的武汉仙籽(*Sphinxia*)新属种,其分类位置尚不清楚。

一些门类的主要成就 瑞尼蕨门:在新疆北部发现最古老的维管植物顶囊蕨(*Cooksonia*),在云南下泥盆统发现长囊蕨(*Hedeia*)和暂归顶囊蕨科的徐氏蕨(*Hsua*)以及四川的加斯佩蕨(*Eogaspesiea*)等等。工蕨门:本门的代表工蕨属近年除新种大增外,还发现希克林蕨(*Hicklingia*)和沙顿蕨(*Sawdonia*)。石松门:80 年代前我国对原始鳞木、鳞木、石松等目研究得较多。近年在华北早三叠世和华南中三叠世对水韭科和肋木科的营养器官和繁殖器官的发现,为研究演化和生境提供了资料。对斜方薄皮木茎干解剖的研究,为它的隶属提供了证据。真蕨类:在新发现的20 多个新种中,有6 种获得原位孢子。大羽羊齿:近年对大羽羊齿的表皮、脉式和叶柄解剖等方面研究取得进展。继在华南发现它的繁殖器官之后,又在华北发现具新的生殖器官的 *Jiaochengia* 和单网羊齿两个新种,并评述了该类的多元性、表型性和可塑性。前裸子植物:在我国广东、湖北、南京、黑龙江、安徽等地都发现于晚泥盆世的地层中,增加了时代的标志。郝守刚从长阳的古羊齿(*Archaeopteris macilenta* lesq.)的枝条获得非常精美的解剖学信息。苏铁门:山西早二叠世发现具种子的大孢子叶化石;山西晚二叠世发现具有原位花粉的花粉囊与小孢子叶同生,小孢子叶形态与大孢子叶相似,这些是最早的苏铁类生殖器官。近年对苏铁类植物亦有很多新记述。银杏门:对新发现于河南义马中侏罗世的 *Ginkgo yimaensis* Zhou et Zhang sp. nov. 和 *Yimaia recurva* Zhou et Zhang gen. et sp. nov. 等一系列银杏植物内部结构的详细研究后提出新亚科。陈立群研究了古今银杏表皮气孔的频度与大气CO_2浓度的关系。松柏门:在山西下二叠统发现两个松柏类新属种 *Batenburgia* 和 *Loroderma*,其形态兼具华夏植物区的科达类和安加拉植物区的松柏类某些形态学上的特征,显示该植物处于两个区系之间。杜乃正、郑少林、张武、段淑英等对松柏茎干解剖做了大量的工作。刘艳菊等研究东北水杉化石取得了好成果。被子植物门:我国在下白垩统中从香港到东北都发现了一些演化水平较高的被子植物。近年在跨晚侏罗与早白垩世的热河生物群中命名了一些被子植物,辽宁古果(*Archaefructus liaoningensis* Sun, Dilcher et al., 1998)显示出的被子植物特征相对多而明显。花是很难保存为化石的,但我国近年也有发现。如具花粉的星学花(*Xingxueina* Sun et al., 1996)、乌云花(*Wuyunanthus* 李承森等, 1993)、始木兰(*Archimagnolia* 陶君容等, 1992)和钱耐果(*Chaneya* 王宇飞等, 1998)等是化石中的珍品。近十年在武汉地区发现的被子植物石化木群,计有9 科13 个属15 个种之多。另外,在西藏和川西发现的桉属叶、果,其时代要比南半球的老,改变了桉起源于南半球的观念。

煤核的发现 1975 年田宝霖携水城虎子石切片询问徐仁,徐惊喜召众人释之,遂着手研究煤核。对科达植物雌雄生殖器官和根茎、鳞木类根茎和繁殖器官的研究,蕨茎

及种子和花粉的解剖的研究硕果都得益于煤核材料。

继《中国地质时期植物群》(1995)的巨著之后，曹正尧的《浙江早白垩世植物群》(1999)，邓胜徽等的《内蒙古海拉尔地区早白垩世植物群》(1997)及孟繁松等的《长江流域原始石松植物群及水韭目植物分类与演化》(2000)等都是本时期古植物的重要专著。

本阶段有两个值得一提的实验：(1)针修标本。很多好文章都得益于此法。如李承森、郝守刚等用不同粗细的钢针把原来只露出不多的标本，修出一个栩栩如生的植物，耗时常以周计、月计。奇蕨就是在针修标本的正反两面后，才得到全面认识的。贝氏拳囊蕨情况亦类似。(2)古植物学实物教科书的实验——植物演化展览。此系朱为庆于1989年春筹资创办的。以不同时间和空间的化石植物标本、照片和图表按序排列：从最早的原核单细胞到多细胞→真核单细胞到多细胞→最早的陆地植物→蕨类植物→种子蕨→裸子植物→被子植物。南非、美国和印度等国的古植物学权威观后无不赞扬。

此外，在这阶段国际交流频繁，国内学者在国际著名刊物上刊登的文章也不断增加。中国古植物学家的国际地位也不断提高。1981年徐仁荣任国际植物学大会副主席之一。1983年在香港举办的“东亚环境与生物发展史”大会上任古植物组主席。1992年周志炎荣任第四届国际古植物学大会(IOPC-IV)副主席。1996年以国际著名古植物学家、英国皇家学会会员萨尼(Sahni)的太太命名的基金会，先后给被认为在古植物学领域中做出了杰出贡献的中国古植物学家朱为庆、周志炎、李星学等3人授予萨尼100周年的奖章。中科院植物所古植物室在1997年还接受国外学者做博士后研究。此外，2000年在我国成功举办了第六届国际古植物学大会。

结束语　我国有得天独厚的地域，这个地域有从志留纪到第四纪完整无缺的陆相地层，它蕴藏着丰富的世界上特有的化石植物。对特殊地层中的特有标本采取多学科交叉的方法进行研究，将会使古植物学在演化植物学，古气候、环境学，古生态、地理学，地层学和进化论等相关学科中充分显示出它不可替代的价值。当前除了发掘演化植物学中的缺失环节以外，还要特别加强在气候环境演变中的作用的研究。与此同时古植物学家还要把这种研究的价值进行科学普及。

参考文献

李星学，周志炎，宋之琛，欧阳舒：中国古植物学三十年，《中国古生物学会第十二届学术年会论文选集》，北京：科学出版社，1981。

徐仁：中国古植物学的过去、现在和今后发展的我见，《中国植物学会五十周年年会学术报告及论文摘要汇编》，北京：中国植物学会，1983。

李星学，周志炎，宋之琛，欧阳舒，曹瑞骥：中国古植物学十年来研究的新进展，《古生物学报》，28(2)，1989。

中国植物学会编：《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

(朱为庆)

细胞学与细胞生物学

(Cytology and Cell Biology)

1838～1839年施莱登和施旺提出了细胞学说，宣称世界上的生物——从单细胞一直到高等动植物，都是由细胞构成的，细胞是生命的基本结构和功能单位。细胞都是由细胞分裂而来，从而论证了生物界的统一性和共同的起源。遗传性是通过细胞分裂一代代传递下去的，生殖细胞是生物上一代和下一代传递遗传物质的中间环节。精子和卵细胞的结合后，经过卵裂、细胞增殖、分化形

成的个体，保留有亲代双方的遗传性，因而一切遗传的奥秘尽藏于细胞之中。细胞学说的建立，开辟了生物科学的一个新时代，促使其发展成一个新学科——细胞学。细胞学逐渐渗透到病理学、生理学、遗传学及发育生物学之中，成为其发展的重要支柱。细胞学的发展，经历了古典细胞学和实验细胞学阶段，进而发展到以分子生物学和细胞生物学相互影响、相互渗透为特征的现代意义的细胞生物学。从18 世纪末到20 世纪30 年代，主要是古典细胞学的发展时期。1894 年孟德尔定律重新发现，染色体在生殖细胞成熟分裂中的分配行为，为孟德尔定律的合理解释提供了依据;对发育中的细胞谱系的分析,又促使胚胎发育和细胞学紧密结合起来。这一时期的细胞学几乎成了染色体学，细胞质的研究被忽视。

一、20 世纪国际细胞生物学的研究

由20 世纪40 年代开始,对细胞生命活动规律的研究逐渐兴起。1909 年开展的离体细胞轴突生长的研究，开了体外活细胞研究的先河，由此逐渐扩展到细胞膜的透过性、生长、运动、营养等方面，细胞学的实验研究与生物化学密切结合。多种新技术的发现与发明，大大推进了实验细胞学的发展，如细胞组织化学、免疫荧光技术、免疫化学技术，解决了各种结构蛋白、酶、核酸在细胞内的定位问题;电子显微镜在细胞学方面的应用，揭开了一个微观世界的新篇章，发现了多种细胞器及其精细结构；免疫电镜技术的应用又把生命活动规律在亚显微结构水平上得以显示。继之,对细胞器的研究蓬勃地开展，如内质网、线粒体、溶酶体和质膜结构等的研究。对许多病理的发生和发展过程中的细胞在分子及亚显微结构水平上发生的变化进行研究。发现细胞代谢依赖于细胞内各种细胞器各尽其责及相互协调；酶在细胞空间内有规律地排列，其活动有严格的时空顺序。这些研究把人对细胞生命活动认识的概念提高到整体的水平，细胞核和染色体研究独占鳌头的局面得以扭转。50 年代末，Brachet 和 Missky 的巨著《细胞：细胞化学、生理学、形态学》总结了这一时期研究的主流及发展。实验细胞学的发展导致了生物科学的许多分支，如遗传学、生理学、胚胎学、进化论的研究都致力于得到细胞学上的证据。细胞学成为一条红线,贯穿于生物科学的各分支,形成一种相互依赖、共存共荣的局面。40 年代，提出了遗传的本质是核酸还是蛋白质，以及它们在细胞中是如何运作的问题。Casperson 进行的定量细胞化学的研究表明，一定的物种其DNA 含量是一定的。1953 年，Watson 和Crick 提出的 DNA 双螺旋结构模型学说，是生命科学研究中的一次大革命，它完满地回答了基因的本质问题：基因的本质是 DNA，DNA 可以自我复制，再平均分配到两个子细胞中去，解决了遗传和发育的根本问题。进入分子生物学时代后，许多重要的研究成果成为细胞生物学领域关注的热点。

围绕遗传和发育关系的问题，在分子水平上对细胞的研究，到20 世纪80 年代后有了长足的进展。分子生物学向细胞生物学、遗传学、发育学等学科的深入渗透，达到难解难分、你中有我、我中有你的密切关联。反映在教科书上，如德罗伯第斯（E. De Robertis）等1946 年发表的《普通生物学》，到 1965 年改称为《细胞生物学》（*Cell Biology*)，而到1980 年则改称为《细胞与分子生物学》(*Cell and Molecular Biology*)。20 世纪 80 年代 Alberts 等撰写的教科书则把两者融合在一起，称为《细胞分子生物学》(*Molecular Biology of the Cell*)。

细胞是生命的基本结构和功能单位，细胞生物学是从细胞的不同层次以及细胞间的

相互关系来研究细胞的增殖、生长、分裂、分化、遗传、变异、运动、兴奋传导、衰老、死亡等基本规律的一门学科。从生命结构的层次上来看，它处于分子生物学和个体生物学之间，它们相互渗透，又相互衔接。细胞生物学和分子生物学均为现代生命科学的基础，各种生命现象和病理现象的奥妙，都要深入到细胞水平来求得解答。细胞生物学向生命科学的不同领域渗透，促进一些新学科的诞生和发展，如细胞神经生物学、细胞免疫学、血液学等。70 年代后细胞生物学领域有许多突破，或者是由于新技术的开发，或者是由于医药或工农业生产的需要。如细胞融合技术的开创，导致单克隆抗体的问世，并被广泛应用于生物工程、医学诊断，人源化抗体则应用于临床治疗。

细胞周期及其调控　1953 年发现了细胞有丝分裂过程是通过细胞周期运转完成的，及经过 G_1-S-G_2-M 期完成细胞分裂。细胞周期调控中新发现了 CDKs 及细胞周期蛋白（Cyclins）引擎分子及其庞大的家族成员，以及许多正负调控因子，它们调控着细胞周期的一些检验点。如 DNA 损伤或 DNA 合成受阻，纺锤体和动粒的附着等有障碍或损伤，则细胞不能进入下一阶段。这些研究成果揭示了细胞周期调控的奥秘。

癌基因与抑癌基因　癌症是人类的第一号杀手。20 世纪 80 年代发现了癌基因（oncgene）的存在后，人们才揭示了癌发生的奥秘。癌基因以原癌基因的形式存在于人及动物体内的促进细胞分裂的基因群中，迄今已发现有 *ras*、*src* 等数十个之多。只有当某些原癌基因在环境因子的影响下发生突变、DNA 重排、DNA 扩增或促进子的插入，才被激活，而最终导致细胞癌化，但癌化是多基因和多步骤的过程。不久又发现有抑癌基因的存在，如 *p*53、*DCC*、*NF*-1 等。只有当这些抑癌基因的 DNA 缺失、突变或因调节障碍而抑制其表达，或癌基因激活使二者表达不平衡时，才导致癌的发生。

遍在蛋白（Ubiquitin，曾译作“泛素”）—蛋白水解酶复合体通路（UPP）　细胞在正常生命代谢过程中不仅需要合成一定的蛋白质以调节其活性，而且许多完成任务的蛋白质活性分子或结构蛋白也必须被选择性地降解，否则就成为影响细胞代谢正常进行的垃圾，甚至导致细胞凋亡。UPP 在一定时间与空间选择性地水解一些已经完成其历史使命的活性分子，甚至是结构蛋白，在细胞增殖与分化中起着极为重要的作用。遍在蛋白是由76 个氨基酸组成的小分子，在进化上有高度的保守性。遍在蛋白通过 E1 遍在蛋白活化酶、E2 遍在蛋白转运酶和 E3 遍在蛋白连接酶，ATP 依赖地把遍在蛋白转移到所识别的蛋白质靶分子上，形成异肽链；遍在蛋白依次相连形成多肽链，从而成为蛋白水解酶复合体识别的标志，最终导致靶蛋白质的降解。被 UPP 降解的蛋白分子有 jun、fos、p53 及细胞周期蛋白等的蛋白质分子。靶蛋白质的降解有其特异的降解信号。

细胞凋亡和编程性死亡　细胞凋亡（apoptosis）和编程性死亡（programmed cell death）研究在近十年来取得突破性进展。20 世纪80 年代，Kerr 等观察到一种不同于一般细胞坏死形态的死亡，因其受基因编程控制，故又称为编程性细胞死亡。凋亡可以清除多余的、发育异常的、病毒感染的细胞、转化细胞及衰老细胞，以保障机体的正常发育，保持细胞数量的相对恒定。细胞可接受内外信号的刺激而启动凋亡程序，机理十分复杂。如 Caspases 不仅是细胞解体的效应器，而且当接受信号后还可启动凋亡。凋亡中细胞色素 c 起着中心调控作用。

克隆技术　1998 年，Wilmut 在《自然》

上发表了多莉羊的克隆成果。这是人类历史上首例将成体动物体细胞（乳腺细胞）核移入去核的羊卵母细胞，经过在假母子宫中发育而克隆出来的动物，表明高度分化的乳腺细胞的核仍然保持其全能性。这一重要成就震惊世界，引起国际上的激烈争论，中心围绕着最为敏感的人的克隆问题，因为所有应用于哺乳动物的技术，原则上均可应用于人类，克隆人涉及宗教、伦理、法律等诸多问题。然而，克隆技术的发展将为畜牧业优良品种的维持提供保障。结合基因转移技术可创造优良新品种，成为基因工程产品的“工厂”，也可在挽救濒危野生动物中发挥重要作用。

干细胞　干细胞(stem cell)的研究是20世纪后半叶迅速发展起来的一个领域。干细胞是一类具有自我复制的多潜能的细胞，可分为胚胎干细胞（ES 细胞）和成体干细胞。ES 细胞可由囊胚中的内细胞团分离出来，在一定条件下在体外“无限期”增殖传代，可诱导分化成各种细胞，保持其全能性。动物胚胎生殖嵴部位的胚芽细胞，也具有全能性，称为EG 细胞，也属于ES 细胞。成体干细胞是有一定潜能的干细胞，存在于动物各种组织和器官中，是其再生和修复的基础。1999年，Goodell 从小鼠肌肉中分离出肌肉干细胞，将其移植于骨髓细胞有缺陷的异种小鼠中，发现其可分化成各种血细胞。随后一些人的研究发现，骨髓干细胞可横向分化为神经细胞、肝脏细胞及肌肉细胞。若将基因敲除（gene knock-out）及基因敲入（gene knock-in）技术与干细胞的研究相结合，可将基因重组的干细胞用于基因功能的研究及临床治疗。1998 年，Thomson 和 Shamblott 两个研究组报道他们建立了人的ES 细胞系。为了克服供、受体组织不相容抗原及免疫排斥问题，建立人的ES 细胞库显得十分必要。ES 细胞应用于新药的功能研究，可避免伦理及法律上的障碍。

细胞衰老与端粒　细胞衰老和端粒关系的研究有重大的发现，人染色体端粒由染色体端部的一段 DNA 分子 TTAGGG 重复序列组成。人细胞每分裂一次，端粒即缩短数十个碱基对；而生殖细胞及肿瘤细胞则无端粒缩短现象，因它们具有端粒酶活性，可通过逆转录合成丢失的端粒片段。体细胞端粒缩短到一定长度时则呈现衰老，细胞停止分裂。抑制癌细胞端粒逆转录酶活性，可能抑制癌细胞生长。

信号转导　信号转导（signal transduction）是50 年代后的重大发现。没有信号转导就不能维持一个细胞或一个整体的正常代谢及稳定性。遗传基因决定了个体发育的基本模式，而细胞内外环境的信号刺激是调控其正确生长发育的条件。信号分子统称为配体(ligand)，有氨基酸、短肽、蛋白质、核苷酸、甾类激素、维甲酸，以及气体分子 NO 等。这些信号分子一般多通过与细胞受体结合，使受体改变其构象而感受到这些小分子的刺激，并转变为细胞内信息，通过级联反应，最终传递到细胞核，诱导相应的基因表达。1955 年，Sutherland 首次提出 cAMP 为第二信使，揭开了胞间激素信使向胞内信使转导过程研究的新篇章。1978 年 Rosmnssen 提出 Ca^{2+}第二信使学说，1983～1984 年 Berridge 揭示了 PIP_2 在代谢途径中产生 IP_3和 DG 两个第二信使。在此期间 G 蛋白的发现、依赖胞内信使的蛋白质磷酸化及其对基因表达调控的研究均取得长足进展。90 年代以来，在此领域中就有三项研究成果获得诺贝尔奖。

二、20 世纪我国细胞生物学研究的进展

细胞学和其他自然科学一样，在旧中国，基础是十分薄弱的。在动物细胞方面，比较

有基础的工作主要是结合胚胎发育进行的，如卵成熟、受精和单性生殖、胚胎诱导、细胞分化及卵发育能力的分析等。植物细胞方面，研究领域侧重于植物细胞的制片技术、细胞分裂中的染色体行为、植物细胞培养、细胞核穿壁以及细胞生理、细胞遗传等方面。20世纪50年代后，少数留学生归国，分别在中国科学院和大学生物学系工作，他们为新中国细胞学的发展做出了奠基性的工作，只是当时的工作还比较分散、零星。十年文化大革命期间，大部分基础研究工作中断；但20世纪70年代中期，在细胞核移植、癌细胞株培养及其生物学特性的研究、细胞融合、花药培养和单倍体育种等少数领域仍取得了一些进展。然而总的看来，这一时期科研水平、规模、研究队伍与世界水平的差距拉大了，分子生物学领域几乎是空白。

从1977年全国自然科学规划会议制定了第一个细胞生物学规划以来，中国科学院上海实验生物学研究所改建为专业的中国科学院上海细胞生物学研究所，在一些相关的研究所和高等院校建立了细胞生物学教研室、研究室或研究所，开设了细胞生物学课程，在一些领域中开展了工作，建立一些新的技术。1978年，国务院恢复了三级学位——博士、硕士和学士学位，制定规划并建立了几个细胞生物学博士点；1980年，成立了中国细胞生物学学会，创办了专业的杂志；1986年，成立了国家自然科学基金委员会，推动了我国细胞生物学的发展。十几年来，在下列领域中取得了很大的进展。

1. *动物细胞方面*

细胞的显微、亚显微结构 中国医科大学宋今丹用高锰酸钾技术处理后的细胞，在相差、激光共聚焦扫描显微镜和透射、扫描电镜下观察到内质网系统在细胞内的三维结构与分布；生活细胞经喹啉蓝染色后，用荧光显微镜不但可观察到内质网的结构与分布，而且还可研究内质网的动态变化过程。细胞经TBEV感染、MNNG处理，或*H-ras*转染，内质网形态结构发生改变或紊乱。北京大学翟中和在病毒形态及其在细胞内发生的规律的研究中，揭示了DNA复制、基因转录活性、RNA分子加工和病毒装配与核骨架的关系，首次证实原始真核细胞中存在染色体骨架，植物细胞与原始真核细胞中存在角质蛋白中间纤维。

细胞核和染色体 细胞中有微管蛋白和微管，核内有微管组织中心——着丝粒，但只有到细胞分裂的前、中、后期着丝粒才能组织微管，中国科学院上海细胞生物学研究所施履吉确定这是由于微管蛋白不能通过间期核膜所致。中国科学院上海细胞所研究了染色质结构与基因表达的关系，揭示基因处于活跃表达状态的活性染色质的结构比较松散，核小体排列比较不规则。北京师范大学王永潮等以CHO同步化细胞为材料，提取细胞核，以非洲爪蟾成熟卵母细胞的提取液(含MPF)处理，在有微管蛋白存在情况下与离体核体外共温育，进行微管免疫荧光染色，发现S、G_2期皆可组装微管，而G_1/S期细胞核则不能，证明着丝粒的组装微管能力与核膜崩解、着丝粒磷酸化以及着丝粒成熟程度有关。北京师范大学何大澄在一病人血清中发现一种自身免疫抗体，可抗着丝粒95 kD蛋白。这种蛋白质是一种细胞周期常驻成分，命名为CENP-G，有进化上的保守性。施履吉用着丝粒的特异抗体探测脊椎动物（包括鱼类、两栖类、鸟类和哺乳类）的着丝粒蛋白质，发现它们有同源性，并据此建立了分离脊椎动物着丝粒的通用方法，用此法分离检定了小鼠着丝粒。施履吉等首次富集着丝粒，分离着丝粒DNA，并建立了国际上第一个小鼠着丝粒DNA文库。1990年，何大澄

等通过严格控制条件的DNA 酶处理及低盐、高盐提取等方法，在高等真核细胞中发现了核基质的核心纤维，从而为早期作为生化概念而提出的核基质提供了形态结构基础，并确定这种 9～13 nm 直径的核心纤维具有多种蛋白质及 RNA 组成成分，可能在染色质的空间组织结构、DNA 复制及转录等方面发挥重要的作用。继而，首次发现了 NUMA 蛋白定位于核心纤维，并证明核心纤维与细胞骨架纤维（微管、微丝）不同，其构成是非均一的（异质性的）。施履吉于50 年代将染色质注射到细胞质内，发现可组装成细胞核，首开人工组装细胞核的先河。而后，翟中和等将病毒 DNA、HeLa 细胞 DNA、植物细胞 DNA 加入到蛙卵母细胞提取液的非细胞系统，发现可组成典型的细胞核，有双层核被膜、核孔复合物、核骨架及核纤层。在核仁研究方面，施履吉首次证实核仁蛋白质内有一些成分参与中期染色体的形成，经后、末期最终回到核仁内，并将其命名为染色体外周核仁蛋白（PCN），该成果受到国际瞩目。核仁是细胞核内rRNA 基因转录和构建核糖体前体的结构。关于 rRNA 基因在核仁中的转录位点的认识国际上迄今存在分歧。东北师范大学郝水等应用电镜放射自显影、连续超薄切片三维重组、免疫电镜和各种电镜细胞化学技术对 rDNA（多副本 rRNA 基因）在核仁内的分布、rRNA 基因的转录和复制位置进行了系统研究。在动植物细胞中都阐明 rRNA 基因的转录和复制是在 FC（纤维中心）和 DFC（密集纤维组分）的交界处以及 DFC 中进行的。1972 年，湖南医学遗传学国家重点实验室夏家辉在国内最早建立了中国人显带染色体模式图；1975 年，在世界上最早将人类染色体显带技术应用于肿瘤学研究，并发现一条与鼻咽癌相关的标志染色体；1989 年，在世界上最早开展了一项创新研究，用人工合成的寡聚核苷酸为引物，对未知序列的用显微切割所获的染色体特异区带的 DNA 片段进行PCR 扩增，从而使定向克隆人类染色体特殊区带的DNA 片段成为现实，为加速完成人类基因组计划，提供了基本技术。

细胞核和细胞质在发育中的关系　细胞核和细胞质的关系是细胞生物学和发育生物学共同关心的问题，中国科学院童第周对此进行了系列工作。他通过对不同品系金鱼细胞核的多代移植实验证明，细胞质能影响性状发育。例如，双尾鱼的核和单尾鱼的胞质多次配合，能产生单尾的个体；这种影响能因核移植在不同属间传递，如把鲤鱼胚胎细胞核移植到鲫鱼的去核卵后，发现这些“核质杂种鱼”的成体有些性状（如口须和咽喉齿形）类似鲤鱼，有些性状（如侧线鳞片和脊椎骨数目）则为中间型，介于两种鱼之间。

卵球成熟、受精和单性生殖　中国科学院细胞生物学研究所朱洗教授创建了激素诱导蟾蜍卵巢体外排卵和成熟的实验体系，并证明体外排出的成熟卵球有完善的发育能力，提出受精的三元论，认为精卵细胞结合尚需要体细胞分泌物的媒介。用涂血的针刺体外排出的成熟卵球，能引起单性发育，得到成熟个体。这些无父的雌蟾蜍经低温休眠和人工催产，繁殖出世界上第一批“没有外祖父的癞蛤蟆”。同时发现，低温休眠是中华大蟾蜍卵球成熟的必要条件，因此，它们分布于温带地区，向南不能越过大庾岭。最近左嘉客证明，低温具有诱导卵细胞获得激活 $p34^{cdc2}$ 的潜能，并具备扩增活化 $p34^{cdc2}$ 的能力。20 世纪80 年代，中国科学院水生生物学研究所蒋一珪等发现，黑龙江地区两性型银鲫种群是天然的三倍体，并以雌核发育方式生殖。

文昌鱼的发育　由于文昌鱼的分类地位

介于无脊椎动物和脊椎动物之间，其胚胎发育备受重视。童第周发现文昌鱼卵可能存在着自动物极到植物极和自植物极到动物极的双重形态发生梯度。这一特征与棘皮动物相似。另一方面，又存在着同两栖类相似的神经诱导现象。这些发现为脊椎动物在系统发育上起源于棘皮动物的假说提供了依据。中国科学院动物所张致一等用免疫细胞化学方法，首次在文昌鱼的哈氏窝（Hatchck's pit）组织细胞中发现与LH 抗血清起交叉反应的分泌颗粒，从而证实此组织是与脊椎动物脑垂体同源的器官的前身。继而在文昌鱼性腺细胞中发现了与LH/HCG 高亲和的受体。这些结果为脊索动物生殖、内分泌系统的演化研究提供了重要证据。

胚胎诱导作用和细胞分化　中国科学院上海细胞生物学研究所从对胚胎诱导物质和反应细胞两方面进行了比较系统的研究。从哺乳类肝脏中提取了一种中胚层诱导物质和一种神经诱导物质。两种物质的相对比值，对不同年龄的外胚层和中胚层细胞诱导分化的方向均有不同的影响。采用反向遗传学方法寻找和克隆参与细胞分化调控的基因，发现了30 个基因。从中克隆出5 个基因，制备了4 个单抗，进行了动物卵巢的原位杂交及免疫学研究，发现各有其独特的分布图式及时相变化，可能它们参与了胚胎前后体节细胞的分化。兰州大学仝允诩研究了花背蟾蜍各期胚胎角膜发育过程中细胞外基质的变化及其所起的作用，证明角膜发育过程中糖胺聚糖的合成从非硫酸化到硫酸化的组成转化，在角膜的脱水、致密化及透明化中起作用。

信号转导　自20 世纪70 年代至今，中国科学院上海细胞生物学研究所即从事物质跨膜运输的研究，发现某些神经病症的产生与一些神经递质的跨膜运输功能有关。裴钢对凝血过程中的信号转导进行了一系列工作。凝血酶原是凝血过程中的关键信号分子，活化后转变为凝血酶，激活与 G 蛋白相耦联的凝血酶受体，触发一系列信号传递过程，最后导致凝血。他还揭示了细胞膜磷脂组成对凝血酶原信号传递的特异性的影响。裴钢发现一种变异肾上腺素受体在细胞膜上处于自发性磷酸化和脱敏状态，证实这种具有组成型活性的受体在没有激动剂存在的条件下自发地处于激活态，并采用该受体突变体证明了 G 蛋白耦联受体反向激动剂能与基态受体结合，促进平衡向基态方向移动，拮抗受体的自发性磷酸化和受体脱敏，验证了受体活化的基态和激活态平衡假说。他还揭示了 G 蛋白耦联受体激酶和 G 蛋白 β、γ 亚基对不同 G 蛋白耦联受体转导的信号的特异性作用。裴钢首次证明，在激动剂和G 蛋白耦联受体激酶作用下，阿片受体羧基末端迅速发生磷酸化，从而导致受体活性下降（脱敏），揭示了阿片受体磷酸化和信号脱敏在阿片成瘾性形成中的重要作用，并证明蛋白激酶的激活对阿片受体信号的传导具有重要的反馈调节作用。此种负反馈调节是阿片成瘾性形成的重要机制之一。

细胞周期及其调控　多年来，北京师范大学细胞增殖及调控生物学教育部重点实验室在细胞周期及其调控方面进行了系统的工作，取得了一定的进展。V79-8 仓鼠细胞系为 G_1、G_2期缺陷株，国外认为是一种化学诱导突变，因 DNA 诱导因子过多所致。王永潮等以此细胞为模型，利用反义基因转染、免疫印迹等技术进行了广泛的研究。与突变前的 V79 细胞相比，V79-8 细胞的细胞周期蛋白 D1、D3、Id1 基因 mRNA 表达水平升高；将反义 CDK4、正义 $p21^{cip1}$基因转染 V79-8 细胞均分别导致 2 h 的G_1 期出现；导入正义细胞周期蛋白B1 后出现明显的G_2期。一种基因的转染，同时也影响相关的引擎分子及TGF-

β1、Id、Rb 等产生协同表达，表明 V79-8 的周期异常是因突变导致引擎分子及增殖相关因子的表达异常，使正负调控不平衡，检验点功能失调所致。反义 CDK4 转染人乳腺癌细胞可抑制细胞增殖，软琼脂集落形成及裸鼠成瘤也受抑制。反义 Id1 基因转染大肠癌细胞 HT-29 后，TGF-α 表达下降，TGF-β 表达上升，细胞生长受抑制。柳惠图等发现，细胞转化后，CaM 在转录、翻译水平上均显著上升，银屑病皮损部位 CaM 均明显高于正常人；CaM 过量表达诱导细胞转化表型出现。利用构建成的可调 CaM 表达细胞模型 RC3，证明 CaM 在 G_1/S、G_2/M 和 M 中期/M 后期三个位点均有调控作用。发现 PKC 抑制剂 H7 可抑制转化型 LA90 细胞中癌基因 *v-src* 和突变型 *p*5 基因的表达，表明 DG－PKC 信使通路介导这一过程。通过 Southwestern 实验证明，在人胃癌细胞 BGC-823 核蛋白中有三个可与 *ras* 上游调控区结合的蛋白，可被 PKC 磷酸化，当用 PMA 长期处理引起 PKC 活性下降时，可导致与 *ras* 基因 2.5 kb 片段结合的蛋白质磷酸化水平降低，从而影响 *ras* 基因的表达。体外实验证明，有几种蛋白是PKC 磷酸化的底物。薛绍白等证明，细胞周期随G_1、S、G_2 的进行，Ca^{2+}浓度增加；细胞转化中 Ca^{2+}浓度减少，CaM 含量增加；癌细胞诱导分化时 CaM 含量减少。实验证明，高尔基体可能是细胞内可调节的钙库。

免疫活性细胞　北京大学医学部陈慰峰从事T 淋巴细胞分化及细胞因子的研究，对胸腺内 T 淋巴细胞的发育程序及其机理的揭示做出了重大成绩。他证明了胸腺内T 淋巴细胞发育的早期（CD3－CD4－CD8 阶段）是进行淋巴细胞抗原识别受体（TCR）的基因重排、转录及蛋白质分子的表达；胸腺内免疫应答细胞源于胸腺皮质细胞，在胸腺髓质区进行功能成熟分化，并再次经历阴性选择(二次胸腺选择)，发育为免疫功能细胞，输出胸腺。胸腺内T 细胞发育，是在与胸腺微环境基质细胞相互作用产生的启动信号下进行的，胸腺基质上皮细胞促进其发育，而胸腺树突状细胞促进其凋亡。在对细胞因子的研究过程中，证明杀伤 T 细胞（CTL）在分化为具有杀伤靶细胞效应的过程中，需要多种细胞因子的协同作用，证明白细胞介素 10 为 CTL 的分化因子，并且指出了 CTL 发育的最佳细胞因子组合，具有重要的应用潜能。

血细胞生物学　我国造血干细胞的研究起步较晚，始于20 世纪70 年代。军事医学科学院的一批科学家从显微、亚显微水平上研究了人胎肝、骨髓、脾和胸腺的造血发育及其规律。吴祖泽研究组在对脾结节的研究基础上，提出造血干细胞群不均一的依据。他首先在我国引入及传播了造血干细胞研究的理论及技术，并取得许多突破性进展。例如，探讨了造血干细胞在γ-射线低剂量照射下的损伤规律、提高循环血液中造血干细胞浓度的技术、通过造血微环境辐射损伤改善造血干细胞的植入率的方法；研究发现，4～5 月龄的肝含有丰富的造血干细胞；通过技术合作，已经完成了世界上首例胎肝移植对急性重度骨髓型放射病人的成功治疗，推进了国内胎肝移植与自体循环造血干细胞移植治疗白血病领域的工作；由脐带血中分离 $CD34^+$ 细胞，经 GM-CSF、IL-3 等处理后，对成年骨髓基质中的植入率由 36%增至 68%～69%；深入研究了造血干细胞表面抗原、抗体，发现激动不同的组胺受体对造血干/祖细胞的增殖与分化有不同的作用，其受体间可相互竞争、相互拮抗；在造血干/祖细胞的体外扩增与定向诱变分化中，提出选择重组细胞因子的合理组合是实现造血干细胞体外扩

增的另一途径，多者扩增可达 500～618 倍，产出的大量成熟细胞可用于临床输注；不同细胞因子可诱导造血干/祖细胞向不同方向定向分化，具有重要的临床意义。造血干细胞转基因可应用于肿瘤化疗，如对人脐带血$CD34^+$细胞转染带抗药基因的逆转录病毒可明显提高造血细胞对药物的耐受性。1976年，中国医学科学院血液病研究所吴克复等建立了 J6-1 等人白血病细胞系，从 J6-1 增殖的成丛现象证明有M-CSF 受体的表达，提出了同类细胞增殖的“并置性刺激(Juxtacrine)”现象。中国医学科学院薛社普研究了哺乳类红细胞分化最终去核及鸟类红细胞分化最终却不去核的机理，揭示红细胞在种系发生上“核骨架－核纤层－中间纤维”体系的结构功能差异和自然去核的规律，提出自然去核是种系进化演变结果的假说；发现哺乳类红细胞中存在一类红细胞分化去核因子(EDDFs)，具有调节终末分化期相关基因程序性表达、核浓缩、自然去核和诱导造血系肿瘤细胞再分化的作用。已克隆了6个该 EDDF 基因家族的 cDNA 序列，并在 GenBank 登记编号，其中诱导造血系肿瘤细胞核浓缩的相关基因可能被利用于诱导造血系肿瘤细胞核浓缩，有防治恶性肿瘤的潜在价值。

生殖生物学及动物细胞的克隆

(1) 20 世纪70 年代，中国医学科学院基础所薛社普研究小组，从调节生殖细胞增殖与分化的角度对国产男性节育药棉酚抗精子发生机理、药理、体内代谢动态进行了系统研究。在靶细胞、亚细胞作用位点及分子水平上做出了创新研究，对我国生殖生物学、节育药物细胞药理学的研究起到了带动和开拓性作用。这是当时世界上惟一的男性避孕药，在全国14 省市超过万例志愿者服药，总有效率达 99.89 %，在全世界引起强烈反响。在WHO 及美国人口委员会推动下，美、欧、亚洲各国掀起了棉酚研究的热潮。由于在人类中服用时，有少数服药者患低血钾症和不可逆不育，最终我国有关部门及WHO 做出中止此项临床研究的决定。最近，中国医学科学院基础所及药物所叶维三、费仁仁等针对棉酚出现的毒副作用，采用新的用药方案，可维持不育，未见不可逆不育和低血钾症状，停药6 周后，全部恢复生育，生育力和组蛋白－精核蛋白取代反应(HPRR)异常现象完全恢复。此项研究为棉酚临床应用的可能性提供了理论依据。

(2) 中国科学院动物研究所计划生育及生殖生物学国家实验室庄临之，用无血清培养技术获得了高纯度的人滋养层细胞(CTB)和细胞系NPC。两者在体外除分泌GnRH 外，还能合成hCG、孕酮、雌激素、神经肽γ、神经降压素、抑制素和5-羟色胺等递质，为进一步确认胎盘具有合成递质的功能提供了证据。该室陈大元在研究精子体外获能和顶体反应中，提出了精子顶体膜囊泡形成说，揭示了受精过程中存在的一级和二级识别机制。他们还率先发现大熊猫生殖能力低下的根本原因是生殖内分泌的失调，提出了“双控”措施。应用这种技术，1989 年在成都基地获得了第一胎用激素诱导排卵，经人工授精产下的大熊猫幼仔，并相继6 年获得7 次双胎和9 次单胎。在显微受精研究中，陈大元等发现精原细胞能在卵泡膜中跨越生殖过程，直接形成合子核，并可继续发育到囊胚。在异种克隆大熊猫研究中，陈大元等不仅率先提出了异种克隆，而且还在世界上最早克隆了一批大熊猫早期重构胚胎，为异种克隆大熊猫迈出了可喜的一步。该室刘以训研究了纤溶酶原激活因子(PA)和抑制因子(PAI)在生殖细胞中的作用。PA 分为组织型(t) PA-1、(t) PA-2 和尿激酶型(u) PA

(uPA)；PAI 分为 PAI-1 和 PAI-2 。tPA 和 PAI-1 在卵巢的不同细胞中协同表达，参与排卵和黄体萎缩调控过程。在早期黄体组织中，uPA 和 PAI-1 活性明显增加，二者协同表达可能与黄体形成过程中的组织重建和血管发生密切相关。实验证明，PA 系统在精子发生和成熟的某些环节中起重要作用。在绒毛膜和子宫组织中也发现表达了 tPA、uPA、PAI-1 和PAI-2 以及MMP 和它的抑制因子(TIMP)。PA 和 MMP 两种蛋白水解系统所调控的定向蛋白水解作用可能与子宫血管周期性发生与退化、胚泡植入、胎盘形成和分娩过程密切相关。

(3)我国的动物克隆工作有很大进展。20 世纪 60 年代初，童第周以淡水鱼类为材料，进行了异种之间的核质杂交研究。哺乳动物细胞工程和克隆研究方面，中国科学院发育所陆德裕1989 年进行了克隆兔的研究；1990 年，江苏农科院畜牧所获得了胚胎细胞克隆兔；1991 年，西北农业大学、中国科学院发育所和扬州大学相继获得了胚胎细胞克隆羊；1993 年，中国科学院发育所杜森和扬州大学合作，获得了一批继代核移植的克隆山羊；1995 年华南师范大学和广西大学、1996 年中国农业科学院畜牧所相继获得了胚胎细胞克隆牛；1999 年，中国科学院发育所和扬州大学以山羊胎儿成纤维细胞为供核细胞获得了克隆山羊。

(4) 中国科学院上海细胞所严缘昌等分离了 4 种具有强免疫原性的精子膜蛋白，研制出能引起精子尾对尾凝集的抗人精子膜蛋白的特异单抗 YWK-1 及其他三种单抗及多抗。这几种抗体对人精子穿过金黄仓鼠卵细胞透明带有抑制作用。他们对天花粉 (TCS) 的抗早孕功能进行了深入研究，证明TCS 对人胎盘绒毛滋养层细胞有专一的损伤作用，可抑制细胞内蛋白质的合成，可能是一种核糖体失活蛋白。

细胞的衰老　北京大学医学部童坦君、张宗玉在人及动物细胞衰老的机理上进行了系统的研究，用 PCR 技术检测小鼠脑线粒体基因片段缺失，结果显示老年鼠可有 0.63 kb 的缺失，青年鼠无此缺失。实验性脑缺血可使鼠脑的此种缺失明显增加，老年鼠检出率达 100%，且有多种片段；青年鼠仅部分有片段缺失，只限 0.63 kb 一种。他们率先在国内开展染色体端区长度、端粒酶与衰老的关系的研究，发现我国人外周血淋巴细胞及体外培养的我国人胚肺二倍体成纤维细胞的端区长度，随年龄及细胞传代的次数的增加而逐渐缩短。年龄每增一岁，端区 DNA 长度缩短 35 bp；细胞每传一代，端区DNA 长度缩短50 bp。端区长度缩短到 Hyflick 极限，细胞就停止分裂，走向衰老，直到死亡。据研究，男性端区长度丢失快于女性，可能是导致男性寿命一般较女性为短的原因。人衰老成纤维细胞可诱导凋亡的能力明显低于年轻细胞，此能力与 $p21^{WAF1}$基因的表达水平有关。若将反义 $p21^{WAF1}$导入，就可使人成纤维细胞的衰老延缓，凋亡诱导性增强。

进化细胞生物学

(1) 赤麂 (*Muntiacus muntjak*) 染色体数很少 ($2n=$♂7，♀6)，而其同源种或近缘种小麂 (*M. reeversi*) 的染色体数却较多 ($2n=46$)。中国科学院昆明动物研究所施立明的研究证明，这两种麂可杂交；根据赤麂、小麂及其F_1 杂种的比较和细胞遗传学研究，两亲本染色体的带型有很高的同源性。可以把 G 带染色的杂种麂细胞的 23 条小麂染色体拼接起来组成赤麂的染色体，说明小麂染色体在进化史上可能通过串联、易位方式演变为赤麂的染色体。

(2) 中国科学院昆明动物研究所李靖炎研究组长期致力于细胞核起源及早期进化的

研究。原来一直认为涡鞭毛虫是最原始的真核生物。近年来通过他本人以及国际上研究的进展，潜心分析了来自各方面的材料，对国外提出的最原始的真核生物——源真核生物（archezoa）进行了逐一的重新审视，排除了其中极大多数类群作为极原始类群的可能性，确立了其中的双滴虫类（diplomonads）极原始的进化地位，建立了以双滴虫细胞核为基础的“原始细胞核模型”。

（3）发育和进化是生物界的两个基本的生命活动事件。吴祖泽、贺福初等在造血细胞发育及其调控与分子进化的相互关系的研究结果中表明，造血生长因子在分子进化上的起源先后与其调控骨髓细胞发育阶段的先后次序恰好一致。比较了22对细胞因子与受体的进化速率，统计与分析表明两者呈良好的线性关系（相关系数$r=0.9754$），反映了两者间协同进化的特点。

癌细胞生物学　恶性肿瘤的基本特征是分化受阻、增殖失控和凋亡异常。在白血病的基础研究和临床治疗上，我国均有突破性的进展。上海血液研究所王振义在全反式维甲酸（ATRA）治疗急性早幼粒白血病（APL）上的开创性工作，为以后陈竺等的继续研究奠定了基础。1986年用ATRA治疗APL患者24例，其中23例得到完全缓解，被国外学者称为肿瘤治疗学领域内的一场“中国革命”。1992年报告了400例APL，用ATRA治疗获得的完全缓解率达85%，并且被证实不仅是完全缓解，而且还延长了生存期。20世纪80年代中期，维甲酸受体RAR和视黄醇X受体RXR被发现。RAR/RXR二聚体是受体的活性形式，它与RA的反应元件RARE结合，调节其转录表达。1991～1992年，陈竺等几个实验组克隆了人的15号染色体上与RARα基因发生融合的基因，称为PML基因。他们发现几乎所有表达PML-RARα的APL患者都对ATRA有反应，而无t（15；17）和PML-RARα的APL患者对ATRA的诱导分化无反应。ATRA可以改变PML-RARα在亚细胞结构中的分布，因此，PML-RARα可能是通过与ATRA的结合，改变其受体的构象和生物性能，由一种分化拮抗剂变成一种分化诱导剂。陈竺等在孙鸿德用以As_2O_3为主的癌灵一号治疗APL病有效的基础上，进一步开展了临床及基础研究。他们用As_2O_3注射液对20例对ATRA和常规化疗药物有耐性的APL复发病人进行了治疗，结果19例在24～54天内缓解，且不伴有骨髓抑制和其他毒副反应。后来证明，这一治疗方案只对t（15；17）NB4细胞APL病人有效，其机理是可以迅速诱导细胞凋亡。医科院吴旻研究组长期以来探索了分离我国食管癌易感基因的途径，包括遗传流行病学调查、染色体微切割、消减杂交分离缺失基因等。用ATRA诱导分化后，以基因的消减杂交技术路线，从食管癌细胞系中分离到的一个3.8 kb的cDNA，具很强的抑癌作用。应用抑制性消减杂交，并与PCR合成双链cDNA、反Northern筛选SSH克隆相结合，自微克级的总RNA中分离出多个在食管癌中差异表达的基因，其中一些基因明显有下调的作用，同去分化与恶性增殖转化有关。应用RACE等方法，获得了全长为866 bp的新基因*NMES1*，该基因在食管癌中表达下调，定位于15q21。吴旻等用DNA芯片、微阵列技术比较研究了食管癌发生各阶段的588个肿瘤相关基因的表达，发现每一阶段都有上百个基因表达的变化。这一成果对后基因组时代的研究有重要的意义。北京肿瘤所从人胃癌细胞中克隆出转化基因*H-ras*，发现其转化细胞的恶性表型是通过调节细胞中的*MHC*-1型基因的表达下降而造成肿瘤细胞的免疫逃脱而转移。

肝癌是我国和亚洲其他地区的高发肿瘤之一。1986年，中国科学院实验生物研究所首次建立肝癌细胞系BEL-16，继而又建立了BEL7402、7404、7405，被广泛应用于肝癌的发病机理、药物筛选及作用机理的研究。北京大学医学部吴秉铨等建立了一系列的高低转移性肺癌细胞系，用于癌转移的研究。

胚胎干细胞 中国科学院上海细胞学研究所姚鑫等自1983年起开始建立小鼠ES细胞系，1991年起开展了ES细胞的诱导分化研究，并以维甲酸、双丁酰环腺苷单磷酸诱导ES细胞分化为神经胶质细胞。随后，他们又利用转基因ES细胞获得过表达TGF-β1的细胞克隆，成为研究内皮细胞发生和血管形成的有用模型。北京大学尚克刚研究组近年从129/ter小鼠中建立了两个具有高效种系嵌合能力的ES细胞系。

细胞凋亡 细胞凋亡是国际上的研究热点之一，现在也成为国内关注的热点问题。研究表明，多种抗癌药物如三尖杉酯碱有诱导凋亡的作用；诱导分化的药物如ATRA也具有诱导细胞凋亡的作用。翟中和等发现，VK_3处理烟草细胞原生质体出现典型的细胞凋亡现象。有关研究还发现，胡萝卜悬浮浆提取物中加入细胞色素c可诱导小鼠肝细胞核及胡萝卜细胞核发生明显的凋亡。这些结果表明，植物细胞中存在相似的整套凋亡机制。

细胞培养及细胞工程 组织细胞培养是细胞生物学研究的基本手段。20世纪50年代，中国科学院即进行了骨、内分泌器官的培养，继而进行癌细胞培养。1962年起，逐步建成了肝癌细胞系BEL-6和鼻咽癌、肺癌细胞系。许多中科院研究单位和高等院校相继建立了各种细胞系，并建立完善了细胞悬浮培养、无血清培养和同步化技术，推进了离体细胞的研究。中国科学院上海细胞生物学研究所的姚鑫等建立了大鼠实验肝癌模型，其癌细胞株沿用至今。此外，中国科学院上海昆虫所、华中师范大学等单位建立了多种昆虫细胞系，中国科学院水生生物学研究所及杭州大学等建立了许多鱼类细胞系，中科院云南动物所建立了珍稀动物细胞库。1991年，建立了正常及突变的二倍体细胞系、瘤细胞系及杂交瘤等细胞系约204种，为研究提供了方便。中国科学院动物所、上海细胞生物学所和发育生物学所是最早开展动物细胞工程研究的单位。童第周等最早开展了鱼类异种异属核移植的工作，从而为鱼类的育种开辟了道路。国内一些单位，如中国科学院上海细胞生物学研究所成功地制备了抗人肝癌和肺癌的单克隆抗体，姚鑫与陈瑞铭、谢弘等用同位素标记单抗在肝癌模型上成功地进行定位显影和免疫毒素治疗，并将标记单抗用于肝癌病人的临床医治，效果明显；中国医科大学宋今丹建立了抗人大肠癌表面抗原的单抗，现正在开展与放射性同位素、毒蛋白、抗癌药物结合制备“生物导弹”的工作，以便对肿瘤进行导向性治疗。

神经细胞的分子生物学 中国科学院自20世纪90年代起，在脑的研究方面形成了研究热点。神经递质传递与神经性疾病、药物成瘾、学习、思维、记忆直接相关。神经递质的信号转导主要依赖突触前膜的转运蛋白和突触后膜上的受体，现已将十几种神经递质转运蛋白和多种递质受体的cDNA进行克隆，并研究了其表达的“时空”特异性。

2. 植物细胞方面

植物细胞核穿壁运动 中国科学院植物研究所1954年先后在大蒜、葱、水仙及百合属植物鳞片和叶片，以及小麦和燕麦胚珠中发现了细胞核穿壁现象。后来又与娄成后合作，通过电生理、显微电影术记录了整个核穿壁过程，并且发现穿壁不仅限于核，也包

括胞质组分的胞间运动，并提出“原生质胞间运动是有机物运输的一种方式”的假说。兰州大学郑国锠在数十种植物中发现了穿壁运动，表明这是一种正常的现象，提出原生质中肌动蛋白的主动收缩运动是穿壁运动的动力，核内 ATP 酶活性提高，水解 ATP 提供能量，并提出这与核型进化及 B 染色体的起源有关。

核型分析 中国科学院有关植物及遗传学的若干领域的学者对植物染色体组型进行了大量研究。据不完全统计，迄今已对 37 种蕨类植物、4 种裸子植物和 200 多种被子植物进行了染色体计数及核型分析。20 世纪70 年代发展了植物染色体分带技术，并做了重要的改进，对小麦、大麦、水稻及银杏等植物的染色体组型进行了更精确的研究，为杂交育种中染色体的识别、分类学中疑难物种的划分及植物的遗传进化等问题的研究提供了有力的手段。

染色体结构与染色体骨架 东北师范大学郝水研究确定植物有丝分裂的中期、末期染色体的最高层次结构是由螺旋形成的，染色体内有支持骨架的存在，其组成除了非组蛋白外，还有 RNA。

性细胞发育及受精作用 中国科学院植物研究所、遗传研究所等单位对我国特有的裸子植物银杏、水杉、白豆杉等的配子体和受精作用的细胞学进行研究，为裸子植物的系统演化提供了有力的细胞学依据。对被子植物性细胞发育及受精的研究，为杂交育种提供了细胞学依据。武汉大学杨弘远首次揭示未传粉子房与胚珠培养诱导的水稻助细胞无配子生殖和向日葵卵细胞孤雌生殖现象；对从金鱼草、烟草等的胚珠中分离出的完整的生活胚囊进行功能及超微结构研究；通过芝麻柱头授粉，研究其对花粉管的生长、受精、胚胎发育、结实与子代遗传的影响；探讨了从众多植物花粉中分离生活精子的技术及其保存条件。

细胞分裂、分化及脱分化 中国科学院植物所在 50 年代对被子植物胚乳细胞的研究中发现，它们不仅存在有丝分裂，而且存在无丝分裂，特别是在发育后期，无丝分裂的频率更高；发现烟草叶片外植体细胞在脱分化中，原质体是通过叶绿体出芽产生的，而原有的叶绿体变成造粉体。

逆境细胞生物学 植物在逆境中受到的损伤以及对逆境的抗性和适应性均可能在细胞结构和功能上表现出来。中国科学院植物所在50 年代先后对小麦、柑橘、苹果、香蕉、番茄等植物的寒害及抗寒性进行了研究。研究结果显示，植物遭受寒害时，细胞器和各种膜系遭到破坏；细胞质膜可能是寒害损伤的最初部位，其中首先发生的是质膜上 ATP 酶的失活。但另一方面，也发现了植物在经历抗寒锻炼时细胞发生适应性变化，以提高其抗旱性和抗寒力；还发现矮壮素和脱落酸是提高植物抗寒力的有效物质。中国科学院生物物理所研究了线粒体与植物冷害和抗冷性的关系。在低温下，抗冷的玉米、水稻品种的线粒体结构与功能均保持稳定，而不抗冷品种的线粒体膨胀，氧化磷酸化功能下降，可能和线粒体中脂肪酸的不饱和度有关。抗冷品种的亚油酸组分的含量较高。

植物组织细胞培养和细胞工程 中国科学院上海植物生理所是最早开展植物组织细胞培养的机构之一。70 年代后，中国科学院许多研究所均开展了此项研究，研究范围也扩大到培养细胞的形态变化、分化和脱分化、细胞突变体的筛选、原生质体培养和细胞杂交、花粉培养、细胞转化等方面。特别是70 年代开展的花粉培养的单倍体育种工作，获得了许多花药植株，如小麦、小黑麦、玉米、橡胶树等均在我国最早诱导成功。在一些作

物、蔬菜、花卉中选育新品种及快速繁殖上，也取得了引人瞩目的成绩。经过原生质体培养，获得了烟草、胡萝卜、曼陀罗、苜蓿等的再生植株；由原生质体再生出愈伤组织的植物种类有水稻、甘蔗、大豆、猕猴桃等，其中水稻、甘蔗以及龙胆还有器官分化现象。培养的原生质体，经与根癌农杆菌和发根农杆菌共培养，可引起细胞转化，并获得转化植株。如龙葵的转化植株，得到的种子长成的幼苗，均可测出特有的冠缨碱，表明外源遗传物质传递到了后代。东北师大郝水以豆科植物沙打旺和细叶黄芪的原生质体、大豆和苜蓿的单细胞在体外培养再生植株，以 15 属 31 种豆科植物的组织培养再生植株，对培养条件进行分析，总结出了规律性意见。在染色体工程方面，中国科学院的李振声从20世纪60 年代开始，经20 多年的努力将偃麦草的抗病抗旱基因导入普通小麦中，选育出一批小麦×偃麦草（小偃麦）的高产新品种和多倍体种，播种面积已达2 700 km^2 以上。

参考文献

邹承鲁主编：《当代生物学》，北京：中国致公出版社，2000。

自然科学基金委员会：《自然科学学科发展战略调研报告·细胞生物学》，北京：科学出版社，1997。

张笛梅，杨陵康主编：《中国高等学校中的中国科学院院士传略》，北京：高等教育出版社，1996。

中国植物学会编：《中国植物学史》，北京：科学出版社，1994。

（王永潮）

细胞核移植 (Nuclear Transplantation)

高等动物一般是通过精子和卵细胞结合的有性生殖方式繁殖后代的。动物胚胎学中所用的“细胞核移植”这一名称（以下统称“核移植”）是指将一个双倍体的细胞核移入另一个已除去了本身那个单倍体细胞核的卵细胞质内，构建成一个核质重组卵。在一定的条件下，它能像受精卵一样启动发育并形成胚胎、幼体或成体。所谓发育的“全能性”是指该核质重组卵能发育为性成熟、并能繁殖后代的个体。可见，这是一种用人工的、非有性生殖的方法来完成的发育和繁殖过程。由于它能用一些来源相同的细胞核与去核卵重组，并获得核型相同的群体，而且它们的核型又和细胞核来源的核型一样，就像一种复制品，所以在现代生物技术的研究中又把它称为“动物的克隆技术”，所得的个体叫做“克隆动物”。克隆（clone）一词最初是指植物的无性繁殖系，后来又应用于DNA分子的体外重组和扩增。它在动物中的应用首先见于 70 年代对两栖类的细胞核移植研究。

迄今在动物界进行过核移植研究的，按报道先后有变形虫、两栖类、昆虫、无脊椎动物（有脊索）、鱼类和哺乳类等六大类动物。移核的方法一般都是用口径小于细胞的吸管吸入一个破碎的细胞，这样的细胞核的表面有少量细胞质保护着。其他用生化方法分离纯化的细胞核，因是裸核而没有生物学功能，所以不能用于移植。剔除未受精卵的细胞核的方法，一般用玻璃针挑核或用微吸管吸出等显微技术。后来因所用动物卵细胞的性质不同，也可以用紫外线、激光等将卵细胞核灭活，但不剔除。移核时一般都用微吸管注射的方法，后来特别在哺乳类卵中又改进为用电刺激融合的方法，它们都是同样有效的，可根据实验者的技术和要求而取舍。

核移植研究的最初设计和目的不是为了获得克隆动物，而是研究细胞核和细胞质在发育和遗传中的功能及其相互作用，属于基础研究的范畴。60 年代后在鱼类中和80 年代后在哺乳类中应用此技术后，才发现克隆动物有潜在的应用价值，如复制模型动物、濒

危动物，能生产药物和提供器官移植的转基因动物和改良动物品种等方面的用途。

对于细胞核和细胞质在发育分化和遗传中的功能问题，历来在遗传学家和胚胎学家中存在着不同意见的争议。例如，1883 年德国科学家Roux 认为细胞核内的染色体是决定生物发育、分化和遗传的基本物质。1892 年，Weismann 又提出假设，认为细胞核内存在着不同的决定子（determinants），它们在细胞分裂时被分配到不同的细胞内，进而控制细胞的分化。显然，他们倾向于认为细胞核是生命活动的主宰。另一方面，像德国的科学家Driesch 于1894 年则提出细胞质能激活含有遗传潜能的细胞核，然后再由细胞核为细胞质制造新的物质，这种意见显然重视细胞质的功能。以后的许多胚胎学家们曾纷纷致力于这两种不同理论的验证。例如，1938 年，德国科学家Spemann 曾在实验中将一种有尾两栖类（*Triturus*）的受精卵，沿着从动物极到植物极的左右对称面，用发圈扎紧，使它分为左右两部分而不完全分离，中间有一条细的细胞质桥相连，这样分割后仅有一半卵中含有细胞核，它能分裂；而另一半无核则停留在不分裂的状态。待有核的那一半分裂到16-细胞时期，再将发圈松开，让分裂部分中的一个细胞核通过间桥流入未分裂的半球内，再扎紧发圈，使两部分彻底分离。这样，原来不分裂的半球也开始分裂。最后两半球都能形成正常的胚胎。这一结果表明16-细胞时期的每一个胚胎细胞核都是“等能的”，它们在卵细胞质的作用下均保留着发育的“全能性”。又例如，差不多在同时，美国的 Oppenheimen 在 1936 年用一种鳉鱼（*Fundulus heteroclitus*）卵，以及中国的童第周等在 1945 年用金鱼（*Carassius auratus*）卵为材料，在它们发育到32-细胞时期，沿着赤道线逐步增多地将植物极方向含有卵黄的细胞质切掉，结果证明鱼卵中有一种物质，在卵细胞激活后由植物极流向动物极的胎盘内，它在卵内的分布不一定呈左右对称，但能决定卵细胞能否发育成为胚胎，他们将这种物质称为“组织者”（Organizer），从而证明细胞质因子对发育和分化的重要性。这些实验都为后来用核移植研究核质关系提供了基础。

首先在多细胞动物中提出核移植设想的是Spemann。1938 年，他设想将一个细胞核分离出来并移植到另一个已除去了卵原核的同种未受精卵内，以观察处于不同发育时期的胚胎细胞核，甚至是已分化细胞的细胞核，在与新的卵细胞质结合后，能否启动发育和发育到什么程度，主要目的在于研究细胞核的“全能性”在发育的哪一个时期才会消失。但因当时没有技术可供使用，未能实现。

1939 年，法国科学家Commandon 和de Fonbrune 为了研究细胞核和细胞质之间的相互作用，在单细胞动物（变形虫）中建立了核移植技术。后来美国科学家Danelli 在不同品系的变形虫间进行核移植，获得了三种遗传类型的后代。它们分别表现为：核型、细胞质型、兼具细胞核和细胞质的中间型，因而认为细胞质可以控制变形虫的遗传特性。由于变形虫为单细胞动物，其核质关系的机制可能不足以解释高等动物中的生命现象，尤其是并未涉及发育和分化的问题。

50 年代初，美国科学家Briggs 和King 首先在多细胞动物两栖类中获得核移植实验成功，他们将豹蛙（*Rana pipiens*）囊胚时期的细胞核移入同种动物的去核卵内，获得了发育正常的蝌蚪和幼蛙，以后他们和各国的其他胚胎学家在不同的两栖类，如蝾螈（*Ambystoma*，*Triturus*，*Pleurodeles*）、蟾蜍（*Bufo*）、蛙（*Rana*）和爪蟾（*Xenopus*）卵中进行实验所得的结果，可归纳为以下几点：

（1）被移植的细胞核所处的发育时期愈早（例如囊胚期），核移植成功的可能性愈大；（2）有少数例子证明取自发育晚期（如孵化后的爪蟾胚胎）的外胚层和内胚层的细胞核仍能维持其发育的全能性，而绝大多数的例子则不能；（3）有些已分化的细胞（如神经细胞和某些内胚层细胞）的核被移植后并无发育的全能性，即使经过几代连续移植也是如此；（4）在许多移核卵中出现了程度不同的核型异常，被移植的核所处的发育时期愈晚，出现核型异常的频率愈大，从而阻滞了发育的进行；（5）尽管英国科学家Gurdon 在1972 年报道用爪蟾蝌蚪的肠细胞核获得了正常的核移植个体，美国科学家Mckineil 在1962 年，Di Berardino 和 King 在1965 年等曾用肿瘤细胞核在两栖类卵中进行核移植实验，但迄今尚未证明来自特化细胞、肿瘤细胞或成体细胞的核能恢复其发育的全能性；（6）在不同亚种或种间进行的核移植实验很难获得成功，仅由日本科学家Kawamura 和 Nishioka 在1963 年报道过在蛙类（*Rana*）种间曾获得两种杂种移植个体，它们除显示核型的特征外，还出现了一些属于细胞质型或中间型的特征，证明细胞质对移核卵的发育分化和遗传有影响。

鱼类的核移植　1963 年首先由中国的童第周等向国内外报道了鱼类的核移植研究。他们最初的研究目的在于探讨细胞核和细胞质以及它们两者之间的相互作用对发育和遗传的影响，但其中涉及的遗传特征的变化，在同种动物间移核所得的胚胎和个体中是无法判断的。因此他们着重于不同种鱼类之间的核移植研究。他们将一种鱼的囊胚细胞核移入另一种鱼的去核未受精卵内，构建成一个核质杂种卵，由此发育成核质杂种胚胎、幼体或成体。他们已从不同的品种间、不同属间和不同亚科间获得了具有发育全能性的移核鱼。例如将鲤属（*Cyprinus*）的鲤鱼（*Cyprinus carpio*）囊胚细胞核移入鲫属（*Carassius*）的鲫鱼（*Carassius auratus*）的去核卵内所得的核质杂种鱼，其多数性状为核型（如咽喉齿形、色素细胞等），也有的属细胞质型（如脊椎骨数目等），也有新的变异性状（如鳔型、血清蛋白成分、红细胞同工酶谱等），它们都呈现生长速度快、肌肉蛋白质含量较高、脂肪含量较低等特点，并已推广养殖，繁殖五代以上。另一种更远缘的不同亚科鱼类间的核质杂种鱼，即由草鱼（*Ctenopharyngodon idellus*）核和团头鲂（*Megalobrama amblycephala*）的去核卵组合的核质杂种鱼，也出现了不同程度的性状变异，并已繁殖到第二代。此外，他们还在不同科之间、不同目之间的鱼类中获得了核质杂种胚胎和幼鱼，甚至在鱼和哺乳动物之间，即将16-细胞时期的小鼠（*Mus musculus*）胚胎细胞核与去核的泥鳅（*Paramisgurnus dabryaus*）卵组合，也获得了核质杂种囊胚。所有这些核质杂种卵的发育速度和模式均表现为细胞质型，说明核质杂种鱼的发育模式和遗传表型受细胞核、细胞质两者相互作用的影响。迄今，在两栖类中只有个别例子能获得无发育全能性（不能繁殖后代）的核质杂种个体，而在哺乳类中则尚未获得杂种个体，这可能与这两类动物种类之间的不相容性有关。

陈宏溪等在1986 年曾报道过利用培养的鲫鱼（*Carassius auratus*）肾细胞核获得了一例移核鱼，但为三倍体。余来宁等在1996 年又报道利用培养的草鱼（*Ctenopharyngodon idellus*）肝细胞核获得了一例克隆鱼，但所用的受体卵没有去核。林礼堂等于 1996 年报道利用取自鲫鱼（*Carassius auratus*）、鲮鱼（*Cirrhinus molitorella*）和尼罗罗非鱼（*Tilapia*

nilotica）的新鲜肾细胞核移植到另一个去核的鲤鱼（*Cyprinus carpio*）卵中，仅获得了杂种胚胎。因此对鱼类体细胞核移植后能否获得有发育全能性的个体，尚待进一步论证。

昆虫的核移植 昆虫的核移植首先由Du Prow于1967年报道，他以一种蜜蜂（*Apismellifera*）为材料，将前胚盘期(Preblastoderm)胚胎的细胞核移入去核卵内，获得了几个幼虫；后来Schnetter于1967年报道将一种美国土豆蜂（*Leptinotarsa decemlineata*）胚盘期（blastoderm）的核移植后获得了胚胎。但因这两种蜂的核均无遗传标记，故有人认为他们的结果并不可靠。Geyer-Duszynska于1967年在果蝇（*Drosophila melanogaster*）卵中进行核移植。由于它的核有遗传标记，虽然实验难度很大，但终于获得了一个具有核表型的幼虫。1968年，Illmensee用改进的方法将10个核一起移入去核卵内，获得了两个具有核表型的幼虫。Zaloka在1971年将早期的分裂球移入未受精卵后端的生殖质内，获得了兼具细胞核表型和细胞质表型的幼虫和个体，有的还能繁殖后代，这说明果蝇的早期胚胎细胞核具有发育的全能性。

无脊椎动物的核移植 1977年也是由童第周等首先向国内外报道了无脊椎动物的核移植，他们用一种尾索动物玻璃海鞘（*Ciona intestinalis*）的卵为材料，在其受精后，用玻璃针沿其动物极到植物极将卵等分为两半，其中一半有核，另一半无核。然后将原肠胚或尾芽期胚胎中的外胚层、中胚层和内胚层细胞的核分别移入无核的那一半卵中，结果表明：(1) 这三种胚层的核都能形成含有各胚层细胞的组织，它们具有发育的“多能性”（multipotency）；(2) 细胞类型的分化，主要决定于成熟卵细胞质的组成；(3)核的功能受它周围卵细胞质的影响。1988年，Growther等则进行过不同门（Phylum）之间的核移植，他们将一种饼海胆（*Echinorachnius parma*）的囊胚细胞核移入激活和去核的玻璃海鞘卵中，得到了核质杂种胚胎，并证明海鞘卵的细胞质至少在核质杂种胚胎的细胞外间质和神经细胞的形成中起主导作用。

哺乳类的核移植 哺乳类的核移植是从80年代发展起来的。瑞士的Illmensee和Hoppe于1981年首先报道用一种品系的小鼠胚泡中的内细胞团（ICM）的细胞核移入另一品系的去核卵内，获得了三只核质杂种小鼠，但此实验经他人重复后未予证实。以后，日本的Kono等于1991年报道小鼠2-，4-和8-细胞时期的胚胎细胞核移入处于减数分裂中期II（MII）阶段的卵母细胞内，能获得移核个体。1998年，Tsunoda和Kato报道用内细胞团和滋胚层细胞的细胞核移入处于减数分裂中期II（MII）阶段的卵母细胞内获得了两个雄性移核个体，但它们的细胞核是否恢复发育的“多能性”，尚不清楚。1998年美国的Wakayama等又报道用卵丘细胞核连续移植获得三代小鼠移核个体。1990年，Heyman等报道了在兔子中，64-细胞期前的胚胎细胞核均能获得移核个体。在绵羊和山羊中，1995年Du等报道用8-和16-细胞期的胚胎细胞核获得了移核个体。Campbell等于1996年报道用培养的胚胎细胞核获得了一只羊仔。Wilmut等于1997年报道用胎儿成纤维细胞核移植后获得了羊仔（未成活）。1989年，Prather等报道了猪8-细胞期前的核可获得移核个体。1993年，Chense等报道了牛64-细胞期前的胚胎细胞核均能获得移核个体，后来Sims和First又报道经培养过的内细胞团的细胞核移入MII卵母细胞内后也能获得牛仔。1997年美国报道了用恒河猴胚胎细胞核获得了两只移核仔猴。

也有人试验过哺乳类的杂种核移植，他们在不同种的小鼠间，不同属间（牛和野牛之间，牛和山羊之间，牛和绵羊之间），不同目间（牛和仓鼠之间，小鼠和兔子之间），用原核或32-细胞期前的胚胎细胞核移植后，最多只能获得胚泡期的胚胎，未能获得杂种个体。这表示不同种类的哺乳类的核质重组卵，其发育能力受到种类不相容性的限制。

在1997年前对哺乳类核移植研究的主要结果为：(1) 主要是早期胚胎的细胞核被证明有发育的全能性；(2) 发现去核后的MII卵母细胞作为核移植的受体卵效果更好；(3) 成功率很低；(4) 未能证明已分化的或成体细胞的核具有发育的全能性；(5) 不同种间的移核植未能获得成功。

但自Wilmut等于1997年报道了由培养的成体乳腺细胞核可获得具有发育全能性的"多莉羊"，并提出使培养的体细胞处于饥饿状态下的分裂静止期的细胞核是获得克隆动物的关键后，用哺乳动物成年体细胞核移植获得克隆动物的报道便多起来了。例如，1998年Kato等报道用卵丘细胞和输卵管细胞获得了牛仔。因此有人认为获得"多莉羊"标志着在哺乳类中，用成年体细胞核移植已获得"突破性"成功，这一技术已能被广泛地应用于克隆动物。但也有许多人对"多莉羊"的来历持质疑态度，因为Wilmut等用的是混合培养基中没有被标记的成体乳腺细胞。此外，也有人正在进行转基因细胞的核移植实验，希望获得转基因动物的克隆，如Cibelli等报道用胎儿成纤维细胞核移植后获得了转基因牛仔，这些报道均处于开始阶段。由此可见，在动物细胞核移植（克隆动物）的研究中，对于用胚胎细胞和胎儿细胞核移植获得具有发育的全能性的克隆动物不论在鱼类、两栖类和哺乳类中均获得成功，并由此提供了很多细胞质在发育、分化和遗传中的功能的证据，但对成年动物体细胞核的细胞核移植（克隆动物）实验，不论在理论研究和技术应用方面均尚待进一步深入。

参考文献

陈宏溪，易泳兰，陈敏容，杨兴棋：鱼类培养细胞核发育潜能的研究，《水生生物学报》，10 (1)：1～7，1986。

Lu，T. Y.，Shi，Y. H. and Yan，S. Y.（严绍颐）：Animal models for cloning，In：David Puett：*Human Fertility，Health and Food，United Nation Fund for Population Activities*，New York，241～250，1984。

Tung，T. C.（童第周）et al.：Experiments on the developmental potencies of blastomeres and fragments of teleostean eggs separated latitudinally，*Proc. Zool. Soc.*，115：175～188，1945。

Tung，T. C.（童第周）et al：Nuclear transplantation in fishes，*Scientia*（*Peking*），14 (8)：1 244～1 245，1963。

Tung，T. C.（童第周）et al.：Cell differentiation in ascidian studied by nuclear transplantation，*Sci. Sin.*，22：222～233，1977。

Yan，S. Y.（严绍颐）et al.：Identification of intergeneric nucleocytoplasmic hybrid fish obtained from the combination of carp nucleus and crucian cytoplasm，In：Harold C. Slavkin：*Progress in Developmental Biology*，New York：Alan R. Liss Inc.，Part a. 3 538，1986。

Yan，S. Y.（严绍颐）：Gene transfer in teleosts，*Biology International.*，28：5 964，1993。

Yan，S. Y.（严绍颐）：*Cloning in Fish Nucleocytoplasmic Hybrids*，Hong Kong：Educational and Cultural Press Ltd.，1998。

（严绍颐）

细胞重建（Cell Reformation）

早在30年代初期，贝时璋对一种甲壳类动物南京丰年虫（*Chirocephalus nankinensis*）

的二倍体中间性的性转变过程研究中，观察到细胞重建的现象，并做了阐述，于1942～1943年先后在《科学记录》和《科学》上发表了3篇论文。过去关于细胞的繁殖增生在习惯上总是集中地研究细胞分裂，尤其是有丝分裂，细胞分裂即成了细胞学说的重要内容，在此基础上进而发展了细胞学理论，而没有很好地去注意细胞繁殖增生的其他可能途径。细胞重建是细胞繁殖增生的另一个途径。细胞分裂和细胞重建都是细胞的繁殖方式和途径。前者是由一个母细胞分裂成两个子细胞的过程；后者是在具有组成细胞的物质基础和合适条件下，不论在整体或离体培养下，从没有细胞一步一步地重建为细胞的过程。在贝时璋指导和亲自参与下，1976年中国科学院生物物理所成立了细胞重建研究组，前后参加工作的有李公岫、蓝碧霞、陈楚楚等近50人。除进一步研究丰年虫生殖细胞的重建外，还先后开展鸡胚、小鼠骨髓、沙眼衣原体和大豆根瘤菌等细胞重建的研究。

一、不同研究材料中的结果

1. 丰年虫中间性生殖细胞的重建 成长的中雌中间性丰年虫进行核重建的部位是比较广泛的。在生殖腺和生殖导管之间的卵母细胞，在其细胞质中可形成许多核，随后经细胞质的分割和质膜的形成，产生许多新的细胞。可观察到有的细胞内部产生许多很大的核状结构，其中许多核的体积大小不等。有的多核体外膜破裂，离散出的核有的像裸核，有的可与人工制备的“核质体”(karyoplast)或称“小细胞”(minicell)相比拟。这些细胞群中从未见到有细胞分裂的现象。中雌中间性受精囊内的卵母细胞的细胞质区内有许多新生的细胞核，经铁苏木精—伊红染色或孚尔根反应，这种核状结构和细胞状结构都看得比较清楚，数目多，大小不一致。细胞质区外的部分卵黄颗粒也可向重建方向转变。受精囊内的一些长成的卵母细胞，以其卵黄颗粒为基础，也能重建核和原始小细胞，其中有的卵黄颗粒，通过切片染色可见到向核状结构和细胞状结构转变。通过电镜观察，在细胞质区内和周围的卵黄颗粒向核重建或细胞重建方向转变时所呈现的各种不同的形态：从没有变化的卵黄颗粒到接近于核状结构的各种过渡时期和细胞的自组装。

从物理化学分析来看，用简单的组织化学和放射自显影等方法，初步证明了中雌中间性卵母细胞的卵黄颗粒内有DNA，并证明中间性外形正常雌性丰年虫卵母细胞的卵黄颗粒中含有组蛋白成分。用透射电镜和扫描电镜观察，从形态上可见到卵黄颗粒内含有与染色质相似的物质——即纤维和小颗粒。对于此种小颗粒是否为组蛋白和DNA的复合体，用双荧光标记能量转移，初步探测到在低离子溶液下卵黄颗粒提取物中，二者是处于结合状态的。

2. 鸡胚早期发育中细胞重建的研究 实验材料：在整体原位观察方面，以未受精和受精未孵育鸡蛋为主，也用孵育过的受精和不受精鸡蛋；在离体培养方面，以受精未孵育鸡蛋为原始材料，取其一定部位的样品进行离体培养，培养时间不等。以发育中的各种对象及从各个发育部位和各个发育时期证明重建核和重建细胞的存在。实验方法：使用光学显微镜观察、相差显微镜摄影、各种制样手段、孚尔根反应、同位素标记的放射自显影、离体培养、电子显微镜观察超薄切片、低渗实验、染色质结构、DNA与组蛋白分析和提取等。获得的结果如下：

(1) 证明在鸡胚早期发育中以卵黄为基础进行核重建和细胞重建。最早出现的重建细胞可能是成下层细胞(hypoblasts)。这种细胞是在胚下腔下表层卵黄进行重建的，重建出的成下层细胞转移到胚下腔，与成上层

细胞（epiblasts）共同组成胚盘。

（2）由卵黄重建出的细胞，尤其是早期的成下层细胞和卵黄囊细胞都能够进行分化，并且参加胚胎的形成。

（3）卵黄DNA 的研究及对RNA 的检测。①卵黄颗粒无论经孚尔根染色和 $[^3H]$-胸腺嘧啶核苷酸放射自显影都呈阳性，利用原位杂交和免疫细胞化学分析的结果都证明受精和未受精鸡蛋中卵黄DNA 的存在。②卵黄DNA 的提取：从胚下腔下表层卵黄颗粒中提取DNA 时，曾先采用蔗糖梯度离心、Ficoll-400 密度梯度离心等方法纯化卵黄球和卵黄颗粒，从中提取DNA，既可排除线粒体、胚细胞核的污染，又保证较高的回收量，所得DNA 在琼脂糖凝胶电泳上表现为泳动极限（23 kb）附近的一条带，卵黄颗粒的DNA 通过提取在电子显微镜下观察到为线形的分子。③对卵黄DNA 含量的测定表明，胚下腔下表层卵黄的DNA 含量在孵育 12 h 以后，比未孵育的几乎高一倍；胚的DNA 含量在孵育12 h 以后，比未孵育的高；胚DNA 量（从未孵育到孵育 12 h）的增加与胚下腔下表层卵黄的DNA 量的增加，有平行的趋势。采用DABA、DAPI 和荧光分光光度法分别测定鸡蛋卵黄各部位DNA 含量，无论是受精或未受精的鸡蛋卵黄各部位都含有DNA。用3，5-二氨基苯甲酸二盐酸作荧光试剂测定卵黄颗粒DNA 的结果，以每毫克湿重卵黄颗粒所含DNA 量（单位：μg）计：受精鸡蛋未孵育胚的下表层卵黄颗粒为 0.93，孵育 12 h 后为0.89；受精鸡蛋未孵育侧面表层卵黄颗粒为0.64，孵育12 h 后为0.74；未受精鸡蛋未孵育和孵育 12 h 后原胚区下表层卵黄颗粒分别为0.55 和0.54；同时在深层的卵黄中也有DNA 的存在。可见不仅是胚下表层卵黄，其他部位的卵黄中的DNA 随着发育也将行使其功能。由此可见在鸡胚的生长发育过程中卵黄绝非仅是一种营养储库，也是作为核染色质主要成分——DNA 的一个合成场所。④卵黄DNA 的某些特性：用Pst Ⅰ、Eco RⅠ、Bam HⅠ、Hinf Ⅰ和Hae Ⅲ 5 种限制性内切酶酶切，电泳显示卵黄DNA 对5 种限制性内切酶都是敏感的，但又均未表现任何带型。虽然未经酶切的卵黄DNA 在电泳胶板上表现为23 kb 附近的条带，但不均一。由酶切图谱推测，它可能代表了序列复杂性相当大的一个分子群。卵黄DNA 经Msp Ⅰ 或Hpa Ⅱ 消化后，所得DNA 片段大部分在500 bp 以下，卵黄DNA 经这两种酶消化后的片段集中在250 bp 附近，这意味着卵黄DNA 是非甲基化或甲基化程度极低的DNA。高等动物的DNA 甲基化程度与其基因表达活性密切相关，一般认为有表达活性的基因是非甲基化或者去甲基化的，利用这两种限制性内切酶分析DNA 甲基化是一种简便可靠的手段。⑤卵黄RNA 检测：通过对受精未孵育鸡蛋卵黄所提取的RNA 进行电泳、紫外光下观察，可见卵黄RNA 的电泳图谱与胚RNA 不同，表现出一条较宽的RNA 带。经荧光试剂RiboGreen 对卵黄各部位RNA 进行定量检测，其分布为胚下表层卵黄含量（0.43 μg/mL 卵黄）反而明显低于侧面（2.87 μg/mL 卵黄）和植物极（3.63 μg/mL 卵黄）的含量。卵黄RNA 的这一分布特征可能与RNA 功能定位有关。

（4）卵黄颗粒中的染色质状结构。作为细胞核的主要成分的染色质，一般认为它仅存在于细胞核内。鸡蛋卵黄不仅含有DNA 和组蛋白，而且通过低渗释放和染色质提取的实验，在电镜下可看到有类似染色质的结构，利用荧光能量转移的原理显示卵黄颗粒中的组蛋白和DNA 在一定条件下是处于结合状态的。由此可见，染色质不是细胞核独有的物质，卵黄颗粒也不是没有生命的细胞内含物。这问题若能得到广泛证实，对于探讨染

色质的起源和形成、重建核的自组织、自装配、人工模拟细胞起源都具有重要意义。

3. 小鼠造血系统（骨髓）中细胞重建的研究 在正常小鼠骨髓培养的涂片中和超薄切片中都看到有裸核及裸核群体。在小鼠骨髓体外液体培养的悬液细胞涂片上和盖片上的贴壁细胞中以及培养细胞和细胞集落(colony)的超薄切片中，也分别看到裸核和裸核群体。这些裸核的结构和着色反应完全具有新生核的特征：核质疏松，有一个或几个大的核仁，孚尔根反应阳性，并没有衰老、死亡的细胞核的特点。在悬液细胞的涂片上和盖片上的贴壁细胞中以及电镜超薄切片中还发现存在着多核体，这些核的体积大小不等，发育阶段迟早不一，可能是在细胞质内先后自组织起来的重建核，还有各种不同发育阶段的细胞。

4. 其他材料的研究 在微生物方面：如沙眼衣原体（*Chlamydi atrachomatis*），它们的生活周期被分为两个时期，即原体时期和始体（或网状体）时期。在对整体负染和超薄切片的电镜观察中，都发现原体细胞不仅来自分裂，而且还观察到新生的原体可以在始体内或在始体外的宿主细胞中通过重建形成。在大豆根瘤菌中，在根瘤菌细胞本身，特别是在内皮层中的细胞重建现象也是常见的。离体培养的大豆根瘤菌，首先形成囊泡状结构，这可能是一种过渡形式。

对爪蟾卵母细胞在其无细胞提取液中或在原位上可诱导出核状和细胞状结构方面，亦进行了不少实验。

从以上所述的材料得知细胞重建在自然界内广泛存在，真核细胞、原核细胞、生殖细胞或胚胎及成长个体的体细胞都有细胞重建现象。

二、特征和指标：鉴定细胞重建

一般说来，在细胞重组中核先形成，但有时也可看到先出现质膜的框架。电镜观察表明，核膜是逐渐形成的，早期的核膜总是单层的。这时，核内的结构有两种情况：在以卵黄颗粒为基础所形成的核，电子密度大，有时隐约可见纤维状结构；在细胞质内或离体培养下形成的核，内部电子密度稀，其中有颗粒状结构。这些都是单层膜的原始“裸核”。裸核的出现是细胞重建的一个重要指标。进一步可形成双层膜具核孔的裸核，国内外许多实验室在爪蟾卵母细胞的无细胞系统中诱导出的核结构也属于这种裸核。至于典型的串珠状染色质纤维什么时候形成，根据实验，丰年虫、鲤鱼等卵母细胞卵黄颗粒，鸡胚卵黄颗粒内以及爪蟾卵母细胞提取液中诱导的核内都已出现。一指标为电镜观察可见裸核外先有较薄的一层细胞质，以后逐渐加厚，最后逐渐受质膜包围，成为原始细胞，最后发展为较成熟的细胞。这时出现细胞器如线粒体、内质网等。另一个指标是，在一个细胞内形成两个以上的核，多可达10余个或更多，称为多核体。核的大小、形状、孚尔根反应强弱、放射自显影情况等可以不同，说明形成时间有先后。

三、意义和发展

细胞重建可以看成地球上细胞起源在现今生命世界的反映，是简单的生命形态发展为细胞的漫长过程的一个缩影。细胞重建的研究有助于生命起源和细胞起源的阐释。如果我们只认识细胞分裂是细胞繁殖增生的惟一途径，我们就不可能了解细胞在进化上是怎样形成的，细胞是如何一步一步地自己组织、自己装配起来的。只有凭借对细胞重建的深刻了解，才能对它进行模拟。

细胞重建也可以说是现在地球上生物体内合成细胞的过程，这在理论和实际意义上都很重要。我们的离体培养工作的发展方向之一，就是要离体地研究细胞的自我合成，离

体研究生物合成细胞。

细胞重建反映了细胞可以拆散又可以整合，这对无序和有序化、不可逆和可逆过程、开放和闭合系统等基本问题的探讨都具有重要意义。

细胞重建是一个高度“开放”的细胞繁殖途径，与周围环境密切相关。在细胞重建时，对改变细胞的结构和性质，对改造细胞、选优汰劣，对促进和发展细胞工艺和细胞工程，将提供新的手段和途径，可为人工生物合成细胞进行模拟。

参考文献

贝时璋：《贝时璋文选》，杭州：浙江科学技术出版社，1992。

李玉安，贝时璋等：未受精鸡蛋表层卵黄颗粒的染色质和DNA，《中国科学》(B 辑)，(12)：1 092～1 094，1982。

贝时璋主编：《细胞重建》(第一集)，北京：科学出版社，1988。

孙立军，陈楚楚等：鸡蛋卵黄DNA 的存在、提取和特性分析，《中国科学》(C 辑)，28 (4)：349～354，1998。

雷海新，于雷等：受精鸡蛋卵黄中DNA 和RNA 的分布，《生物化学与生物物理进展》，27 (2)：185～190，2000。

(陈楚楚)

植物细胞核穿壁及细胞核更新现象

(The Phenomenon of Intercellular Migration of Plant Cell Nuclei and Cell Nucleus Renewal)

在自然界，不论是低等生物（如真菌等)，还是高等植物（如葱、百合、豌豆、蚕豆、报春花、小麦等)，不论是体细胞（胚囊中的反足细胞和胚乳细胞，表皮或皮层细胞等)，还是性细胞（花粉母细胞等)，在一定时期或生理状态下存在细胞核由一个细胞向另一个细胞穿壁转移的现象，人们称为细胞核穿壁运动，国际上又称细胞融合(cytomixis)。

这一现象的发现和研究已经整整一个世纪了。早在1901 年就观察到这个现象，由于经典遗传学观点难以对其理解和解释，一些研究者就简单地将这个现象归于是机械的挤压、损伤的刺激等人工现象或是病理的不正常现象，而另一些研究者认为是事出有因的正常现象。直到20 世纪中叶，我国学者吴素萱在葱、蒜研究中大量地观察到同样现象。她注意到国际上不同学术观点间的争论，便用了多种研究材料和研究方法，排除人为因素而认为这种现象是植物细胞固有的正常的生理现象。她的多篇论文的发表，在我国五六十年代引起了植物细胞学家和生理学家对这个问题的研究兴趣，他们也用了不同的植物材料及其组织和器官，不同的研究方法加入了这一研究领域，兴起了研究热潮。

吴素萱等选择了葱、蒜、百合、水仙、小麦等植物为研究材料，取葱、蒜的鳞茎正在形成和走出休眠时期的表皮、内皮层，小麦胚珠中的珠心、胚乳、原胚等组织，将其用固定液固定，然后，不仅用撕取表皮的方法，更多采用整体组织进行切片，用显微镜都观察到有细胞核的穿壁转移现象。以后又采用活体材料，将大蒜表皮组织、小麦胚乳绒毡层组织在显微镜下观察，并用缩时电影方法记录了细胞核穿壁运动的全过程。通过详细而艰苦的研究，得出的结论是：1. 不仅在植物体细胞中的表皮组织、薄壁组织和输导组织，小麦胚囊发育过程中的珠心组织、胚乳组织和由原胚到种子，而且在生殖器官的花粉母细胞等组织，细胞核穿壁运动现象广泛存在。穿壁的细胞核是经固有的胞间通道而实现。2. 细胞核和细胞质胞间转移是原生质本身主动伸缩的弹出运动。参与胞间运动的

细胞核和细胞质可以同时地，也可以各自分别地穿壁转移。3. 细胞核穿壁运动与植物的发育相关。在植物迅速生长部分，如果有大量营养物质供给时；或者植物在衰老的部分，如果有大量有机物质撤退时，都可以观察到细胞核的穿壁转移现象。因此，细胞核的穿壁转移可能与组织间有机物的短距离运输有关，是植物固有的正常的生理现象。

细胞核的穿壁运动现象不仅在植物中存在，其实在动物中也有类似现象存在。如在昆虫卵巢中发现了脱氧核糖核酸由体细胞穿越细胞膜到正在发育着的卵母细胞；大蟾蜍生殖期后表皮细胞核穿越细胞膜到另一细胞等。看来，细胞核的穿壁转移并不是植物细胞中的孤立现象。细胞核穿壁转移或细胞融合现象的发现和研究，除了阐明它与物质短距离运输的生理学问题有关的科学意义外，还涉及遗传和变异、生物进化和基因调控等问题，还有其更深层次的科学意义有待阐明。早在20多年前有人提出这一现象有一定的遗传基础，最近又提出与某些基因的调控有关。如果能找到引起细胞核穿壁转移或细胞融合的基因及其表达和调控作用，不仅有重要的遗传学意义，而且还可能有更重要的实际和社会意义。

关于细胞核更新问题，也是吴素萱提出的。1956年她在《植物学报》上发表文章，用大蒜鳞片作材料，在其走出休眠后，观察到细胞核释放出常带有核仁的嗜酸性核物质，被亮绿染成绿色。其后这种物质逐渐变成嗜碱性，经孚尔根反应染成紫红色，并逐渐形成新核。她推论释放的核物质为核糖核酸(RNA)，后来核糖核酸转变成为脱氧核糖核酸（DNA）。然后细胞核更新，老核消失，新核形成。她将这种现象称为细胞核更新现象，并且与两种核酸物质的转化、运输及代谢的生理问题联系起来。

这一现象和推论在当时并不为人们所重视和认可。现在看来，由于分子生物学的发展，这种推论的一部分以及功能得到了证明。只要简单回顾分子生物学研究的发展历史，不难看出这种推论的科学性。1953年发现DNA双螺旋模式结构；1958年提出了遗传中心法则；1961年提出了遗传三联体密码，阐明了DNA、RNA和蛋白质的密切关系；1970年在两种致瘤病毒中发现反转录酶，RNA可反向转录成DNA，丰富了遗传中心法则，促进了对基因及其表达的深入研究，使之成为基因工程极重要的组成部分。这一发现在病毒材料上证实了吴素萱提出的RNA向DNA转化的推论。80年代初人们对真核生物中究竟有无反转录酶将RNA转变成DNA持有争论。1983年在果蝇上发现了与转座因子同源的反转录病毒颗粒，同年又在高等植物中发现反转录转座子，证实其中有反转录酶将RNA转化成DNA。在已知的所有的高等生物中，特别是高等植物中，这种反转录转座子不仅普遍存在，而且有大量拷贝，如在百合（*Lilium speciousum*）中LINE型反转录转座子有125 000个拷贝，蚕豆（*Vicia faba*）中的Ty1-copia型反转录转座子有1 000 000个拷贝，玉米中Ty1-copia和Ty3-gypsy型反转录转座子占整个基因组的50%等等。1985年又在高等真核生物中发现了染色体的端粒酶，类似于反转录酶。因此，目前高等生物中反转录酶的存在和RNA转化成DNA都已经是事实。回顾50年代，在国外分子生物学研究刚处在萌芽状态，我国的科技发展相当落后和国际间的科技交流又很少的情况下，吴素萱仅用组织和细胞化学的方法就提出了RNA可以向DNA方向转化的推论，现在看来确是一件富有超前性和有胆识的事件。

反转录转座子及其中的反转录酶的发现不仅对物种的遗传变异、生物进化及其多样

性、基因功能和调控研究有重要的科学意义，而且对有目的地进行个体变异、品种改良等方面也有重大意义。吴素萱提出的细胞核更新现象，不仅涉及DNA 和RNA 的相互转化问题，还可能说明物质代谢的生理问题。现在对植物反转录转座子的活动规律，特别是对细胞生理代谢的表现还有待深入研究，为细胞核的更新现象提供进一步证据。如果是这样，吴素萱的科学推论还具有其他方面的重要科学意义。

参考文献

吴素萱：关于植物细胞核穿壁运动现象的问题，《植物学报》，4（3）：233～243，1955。

吴素萱：细胞核的更新现象，《植物学报》，5（1）：1～14，1956。

吴素萱：细胞核在体细胞间的穿壁运动，《植物学报》，7（1）：1～14，1958。

（荆玉祥）

造血干细胞 (Hemopoietic Stem Cell)

造血干细胞的概念在20 世纪初已经提出，但当时对这种细胞的含义不甚明确。50 年代前后，Lorentz 等的骨髓移植试验获得成功，支持了在造血细胞中存在一类原始的造血细胞或造血干细胞，它们具有自我更新或自我复制、并向骨髓各系细胞分化的能力，从而支持了机体的正常造血功能，保证了机体在生命活动中对各类血细胞的需要。1961 年，Till 和McCulloch 发现对受致死剂量X 或γ射线照射的小鼠移植正常同系小鼠骨髓细胞后，可以在脾脏表面生成肉眼可见的由红系细胞、粒系细胞、巨核系细胞以及上述三类细胞混合组成的脾结节。生成这类脾结节的原始细胞符合了多能造血干细胞的基本特征。每一个脾结节称为一个脾结节生成单位（Colony Forming Unit in Speen，CFU-S）。生成脾结节的原始造血细胞已被公认为一类造血干细胞。

一、20 世纪我国造血干细胞研究

我国造血干细胞研究始于70 年代。与国外相比，基础薄弱，起步较晚。但是，经过20 多年来的不懈努力，在普及与提高、基础与应用等方面都取得了令人鼓舞的进步。

1. **造血干细胞的发生学研究**　造血干细胞的发生学及其来源问题尚无定论。从显微和亚显微水平上研究了人胎肝、骨髓、脾和胸腺的造血发育及其规律。鉴于人早期胚胎取材极难，设计了鼠胚组织的 Rose Chamber 环流培养，使发生学的研究趋于完善。提出了在胚胎造血组织发育中，间质细胞的发育先于实质细胞，以及在造血干细胞的可能来源中，除迁移外，不能排除该组织自身分化低的间叶细胞在获得适宜生态龛的条件下可分化为造血干细胞或祖细胞。

2. **造血干细胞群的不均一性研究**　造血组织中造血干细胞的数量是很少的，目前还不能从形态上确切地识别它们，因而还不能直观地研究造血干细胞的增殖与分化。在过去辐射诱发染色体畸变作为细胞遗传学标志的基础上，采用天然的性染色体和性别决定基因作为遗传学标志，结合单个脾结节转移技术，证实了脾结节（CFU-S）的生成是起源于单一细胞增殖与分化的结果，而且通过对骨髓、胎肝、外周血等不同来源的脾结节生成细胞的功能的比较研究，支持了在造血组织中还存在着一类脾结节生成细胞的前体细胞，进一步提出了造血干细胞群的不均一性的科学根据，充实了对造血细胞动力学的认识。

3. **造血干细胞辐射损伤效应**　造血干细胞对电离辐射具有很高的敏感性。一些化合物可以降低造血干细胞的辐射敏感性，促进造血干细胞增殖或影响造血干细胞分化，

从而减轻动物或人体的辐射损伤，促进受辐射损伤后造血功能的恢复。其中，一部分化合物已发展成为有效的抗辐射的防治药物。在造血干细胞的辐射损伤与恢复规律研究中，比较了狗、豚鼠、小鼠骨髓粒系祖细胞(CFU-GM)的辐射敏感性，发现它们与动物的辐射耐受性之间有着一定的联系，反映了多种动物造血干细胞的不同辐射敏感性可能是造成动物具有不同辐射耐受性的一个重要原因；阐明了在低剂量率γ射线连续照射下造血干细胞的辐射损伤程度与累积照射剂量之间存在的双相特征的机理；系统地揭示了“低剂量率X或γ射线连续照射下、引起动物辐射死亡所需要的累积剂量比较大剂量一次急性照射要高许多倍”这一现象的机理；从造血干细胞与造血微环境的辐射损伤研究中推测了对造血系统的远期效应。这些动物观察结果已在以后的几起急性或慢性照射引起的事故性放射病人的病程中所证实。

4. *造血细胞发育与造血调控分子进化的相互关系*　发育与进化是生物界两个基本的生命活动，但从分子水平上认识发育与进化的相互关系甚少。近30年来，对血细胞的生成过程有了较深入的研究，对血细胞发育中的形态学变化与相应造血调控因子之间关系有了比较清楚的了解，从而为研究造血生长因子的分子进化与造血细胞发育的相互关系提供了一个理想的模型。根据不同物种各种因子的核苷酸编码顺序和氨基酸顺序的同源性程度，再应用Dayhoff换算表，将种间差异百分数换算为进化距离，系统分析了造血生长因子的分子进化与造血细胞发育的相关性。研究结果表明，造血生长因子在分子进化上的起源先后与其调控的髓系细胞发育阶段的先后次序恰好一致。在此基础上，又比较了22对细胞因子与受体的进化速率，统计分析表明两者呈良好的线性关系（$r=0.9754$）。细胞因子与受体进化速率的一致性反映了两者间协同进化的特性。这些研究结果加深了人们对生物体内存在的数量庞大又似乎是杂乱无章的多肽因子之间内在联系的了解，丰富了人们对生物界自然规律的认识。

5. *造血干细胞移植的实验研究*　造血干细胞移植已经成为血液学研究中的一个活跃领域，是难治性血液疾病，如白血病、再生障碍性贫血、免疫缺陷病、极重度放射病等治疗中的一个有效措施。造血干细胞主要存在于骨髓、外周血（含脐带血）以及胎儿肝脏中。正常动物外周血液中造血干细胞数量极少。多种药物，如抗肿瘤药物、细胞因子、紫色杆菌内毒素以及我国自行合成的低分子量硫酸葡聚糖(分子量约10 000)等都可以大幅度提高循环血液中造血干细胞浓度。

提高造血干细胞在造血组织中的植入率是造血干细胞移植成败或者移植后造血重建快慢的一个关键。曾经从改变造血微环境或改变造血干细胞性能方面进行了探索性研究。例如，对照射小鼠同时输注胸腺细胞与骨髓细胞，有利于改善造血干细胞植入的微环境，提高造血干细胞的植入率。动物实验表明胎肝造血干细胞在成年骨髓中的植入率低，然而，胎肝造血干细胞经体内或体外培养后可以模拟体内造血干细胞的发育，提高其在成年造血微环境中的适应性，从而提高植入率。从脐带血分离的$CD34^+$细胞经与GM-CSF、IL-3或两者联合培养后，在成年骨髓基质中的植入率可由36%增加到68%～69%。这些事实支持了造血干细胞在移植前的短期体外培养有利于移植后的造血重建。造血干细胞低温保存技术的不断完善扩大了造血干细胞移植的临床应用。

6. *造血干细胞表面抗原与受体*　至今对人类造血干细胞尚无统一、公认的检测方法。根据造血干细胞的表面标志，通常认为

人类造血干/祖细胞表达CD34抗原，其中$CD34^{+}CD38^{-}$是一类比较幼稚的细胞亚群，更接近于造血干细胞，然而，$CD34^{+}CD38^{+}$则是一类比较成熟的细胞亚群，处于造血祖细胞阶段。

在造血干细胞表面还存在细胞因子受体以及β肾上腺素能受体、胆碱能受体、类固醇激素受体和组胺受体等。研究证明CFU-S、CFU-GM、CFU-MK、BFU-E、CFU-E存在组胺H_1、H_2受体。激动不同的组胺受体对造血干/祖细胞增殖与分化有不同的作用，组胺H_1、H_2受体之间甚至呈相互竞争、相互拮抗。

7. 造血干/祖细胞的体外扩增与定向诱导分化　在造血微环境中同时存在着造血细胞和间质细胞，它们之间的相互作用构成了造血调控的重要内容。

体外模拟造血干细胞在体内的增殖与分化活动，从而调控造血干细胞的扩增与定向分化，这一直是实验血液学的重大基础与应用课题。1973年Dexter等建立了造血细胞体外长期液体培养体系，向体外模拟造血迈出了一大步。

对小鼠(LACA)胎肝细胞在由骨髓构建的贴壁细胞上进行体外长期液体培养，发现培养前后的细胞具有同等的重建经致死剂量射线照射的小鼠造血的功能。对9 Gy γ射线照射的F_1（C57 BL/6×LACA）小鼠输注由LACA小鼠胎肝细胞经体外培养后生成的造血细胞，动物长期存活率达70%～80%，而对照动物则在照后一个月内全部死亡。

由骨髓细胞构建的贴壁细胞对造血干细胞增殖与分化的调控是通过构成造血微环境的细胞分泌的细胞因子实现的。因此，选择重组细胞因子的合理组合是实现造血干细胞体外扩增的另一途径。

构建基质细胞系：在小鼠胎肝细胞体外长期贴壁培养中发现有一类基质细胞可以长期传代培养，且持续不断地合成和释放CFU-S增殖刺激物，促使静止期造血干细胞进人活跃的细胞增殖状态，而且证实了CFU-S增殖刺激物是胎肝基质细胞的基因表达产物。建立的骨髓基质细胞系，在体外液体培养条件下可以贴壁生长，与骨髓细胞共培养时，可以明显促进造血细胞的增殖。

细胞因子的合理组合：用于体外扩增用的造血细胞，主要有骨髓或经动员的外周血或脐带血，它们都含有丰富的$CD34^{+}$细胞。采用重组人SCF ＋ IL-3 ＋ IL-6 ＋ G-CSF ＋ EPO的组合扩增脐带血$CD34^{+}$细胞。经体外培养7～21天后，细胞总数可扩增500倍，CFCs可扩增4倍，$CD34^{+}$细胞则可扩增24倍。从正常人外周血分离$CD34^{+}$细胞，经G-CSF、IL-3和SCF组合的造血生长因子的无基质培养体系培养6～7周后，MNC可扩增618倍，产生的大量成熟细胞可用于临床输注。根据造血干/祖细胞多向分化的潜能，通过不同细胞因子的组合，还可诱导$CD34^{+}$细胞向红系、巨核系、粒系、淋巴系或树突状细胞等的定向分化。

8. 造血干细胞基因治疗　造血干细胞具有自我更新的能力，因而是一类表达移植基因的最理想的细胞。在肿瘤化疗中，肿瘤细胞产生耐药性是影响化疗效果的一个重要障碍。提高造血干细胞内与耐药有关的蛋白质或酶的含量，已经成为肿瘤基因治疗中的一个重要内容。基因治疗比较常用的载体是逆转录病毒。

对造血干/祖细胞转导单个基因（如*mdr*-1、*dhfr*、*mgmt*等）可以增强转导细胞对一种或一类药物的抗性。对造血干/祖细胞转导由几个不同耐药谱基因组合在一起的多价基因，则可增加造血干/祖细胞的耐药谱域，扩大临床对化疗药物的选择余地。对人脐带血$CD34^{+}$细胞转导带抗药基因的逆转录

病毒可以明显提高造血细胞对药物的耐药性。

二、展望

1.造血干细胞用于增殖与分化的调控研究　小鼠、大鼠、兔、猴等动物胚胎干细胞系已经相继建立，按当前的实验技术水平建立人胚胎干细胞系或者从人骨髓中分离间叶细胞,经过体外分阶段的诱导培养和扩增,即由胚胎干细胞经过造血干/祖细胞最终生成血细胞，已是一个可望达到的目标。

血细胞的生成是造血干细胞经历连续增殖与分化的结果。在这个复杂的细胞活动中，造血细胞与基质细胞之间通过受体与配基的相互接触，以及细胞因子与造血细胞受体之间相互作用，从而通过不同的信号转导途径启动或关闭一系列的基因而实现对造血细胞增殖、分化与凋亡的调控。因此，在搞清造血干/祖细胞基因表达谱的同时,不断发现新的造血调控因子和加深对细胞增殖与分化调控的分子机理认识，人类才有可能在血细胞生成障碍疾病的治疗中取得更大的进步。

体外模拟体内的造血活动，一是为了深刻了解造血调控的规律，二是实现血细胞的规模化生产。尽管这是遥远的目标，但是模拟造血微环境或合理的细胞因子组合，实现造血细胞的体外扩增和定向诱导分化并逐步应用于临床，这已经是一个不远的可以实现的近期目标。

2.造血干细胞用于移植研究　造血干细胞的植入率是影响造血干细胞移植成功的关键之一。如果可以大幅度提高造血干细胞的植入率，则用于移植所需采集的造血干细胞数量将可以大幅度减少。造血干细胞表面存在一些粘附分子，如 PECAM-1、CD44、ICAM-3、VLA-4 等。造血干细胞与骨髓基质细胞之间通过粘附分子进行组织定位，同时通过信号转导启动造血干细胞的增殖、分化、凋亡、休眠等生理活动。一些动员剂可以降低造血干细胞表面粘附分子的数量，促进造血干细胞脱离骨髓而进入血液。然而，在骨髓移植中回输造血干细胞表面的粘附分子又可在造血干细胞归巢中起着重要的作用。例如，最近发现造血细胞上普遍存在一类 CXCR4 受体，而骨髓基质细胞则分泌一类 SDF-1α 细胞因子，后者是CXCR4 受体的配基,尤为重要的是SDF-1α 对造血细胞是一个很强的化学趋化物（chemoattractant)，因而对造血细胞的迁移与粘附起着十分重要的调节作用。研究指出，正常造血干细胞表面很少表达CXCR4 受体,但是经过与一些细胞因子(IL-6、SCF)共同孵育后,可以诱导CXCR4 表达,从而提高移植造血干细胞的植入率。因此,上调造血干细胞的CXCR4 表达，将有利于移植后的造血重建。不同来源造血干细胞表面的粘附分子表达是不同的。如果这一基础研究成果进一步发展完善并获得临床验证，则将对现行的造血干细胞移植，无论在移植的细胞数量还是移植细胞来源的选择上都将产生深远的影响。

3.造血干细胞用于基因治疗　造血干细胞具有自我更新能力。对造血干细胞转导目的基因，除了作为一种标志用于追踪造血干细胞的增殖、分化、凋亡之外，还可用于基因治疗，具有巨大的治疗潜力。

继骨髓与外周血造血干细胞，脐带血造血干细胞对逆转录病毒介导的基因转导具有更高的转导率和稳定表达的优点。因而，脐带血有可能成为基因治疗的一个最佳细胞来源。

1995 年，Kohn 等对 3 例患重型联合免疫缺陷病（SCID）婴儿，分别对他们各自的脐带血$CD34^+$细胞通过逆转录病毒转导正常人腺苷脱氨酶ADA 的cDNA，然后进行自体移植。在移植后18 个月的观察期间，均可见

骨髓和血液白细胞中的ADA 基因表达。

造血干细胞基因治疗除了适用于SCID外，还可以期望通过转导葡糖脑苷脂酶(GC)基因治疗比较常见的高歇氏病(Gaucher Disease)，以及转导耐药基因提高对肿瘤的治疗效果等。作为造血干细胞基因治疗，转导基因的转导率及其在体内的持续表达是成功的先决条件。在可供基因转导的载体中，目前仍以逆转录病毒为主体。然而，不同于小鼠造血干细胞的基因治疗，逆转录病毒对人类造血干细胞的转导率较低，这对于从临床上改善大多数造血系统疾患是不利的。目前，提高对转导基因的转导率及其在体内的持续表达已经成为造血干细胞基因治疗进一步发展所面临的一个关键性问题。

参考文献

吴祖泽编著:《造血细胞动力学概论》，北京：科学出版社，1978。

唐佩弦，杨天楹主编:《造血细胞培养技术》，西安：陕西科学技术出版社，1985。

吴祖泽主编:《造血干细胞移植基础》，北京：人民卫生出版社，1988。

徐有恒，王绮如主编:《造血生理和造血细胞检测技术》，长沙：湖南科学技术出版社，1997。

吴祖泽，贺福初，裴雪涛主编:《造血调控》，上海：上海医科大学出版社，2000。

（吴祖泽）

植物细胞脱分化状态下的细胞分裂 (*In vitro* Divisions of Dedifferentiating Cells in Plant)

植物组织培养在大多数情况下首先经历细胞脱分化，然后是细胞增殖，最后是分化形成器官或植株。在这个过程中，脱分化细胞最初的细胞分裂被称为脱分化状态下的细胞分裂。它对以后的愈伤组织形成及器官分化起着决定性的影响。

1973 年以来，意大利国家研究中心和Pisa 大学遗传研究所的一批研究工作者发现离体培养中脱分化细胞主要进行无丝分裂。陆文梁等对脱分化状态下细胞分裂的研究是从80 年代初开始的，进行了比较细致的超微结构研究和活体连续观察研究，从而获得了细胞分裂全过程的证据。这些证据表明脱分化状态下的细胞分裂是一种特有的新的细胞分裂类型。

脱分化细胞的无丝分裂　1973 年，Nuti-Ronchi 等在对粉蓝烟草髓组织的培养中首次观察到脱分化细胞的核分裂主要是进行无丝分裂的现象。外植体培养3 天后，他们观察到在染色体未出现的情况下发生核膜解体，染色质和核仁进入细胞质的现象。培养6 天后，90%以上的核分裂是碎裂，进行有丝分裂的只占1.5%。此时单位面积中核的总数比离体培养前增加了约5 倍，平均每个细胞中有4～5 个核，有的多达20 个核。碎裂的细胞学过程是，首先核体积增大，接着出现浅裂，核膜解体，核碎成许多小块，最后形成多核细胞。这个观察在一年后被Martini 等用^{3}H-胸苷放射自显影和显微分光光度技术对DNA 的测定所证实，他们发现多核细胞中每个核的DNA 含量与核的数目成反比，认为这是核通过碎裂形成多核细胞的证据。以后Bennici 等于1976 年用显微分光光度技术对红花菜豆胚柄愈伤组织的DNA 测定中也观察到了同样的现象，他们还发现在碎裂的核中有70%是碎裂成两部分。80 年代初陆文梁在小麦的花药培养中发现，花粉细胞在脱分化启动后，首先是细胞核的体积增大，紧随着发生碎裂，然后在碎裂的核之间形成细胞壁完成细胞分裂。有时核碎裂会形成许多块，在这些块之间细胞壁都能迅速形成，这样，通过一次分裂就会形成一个花粉细胞团。观察表明，通过核碎裂进行细胞分裂的占97%，有

丝分裂仅占3%。孙敬三对小麦花粉脱分化状态下的核碎裂进行了电子显微镜观察，发现核碎裂是通过核膜内陷来实现的。对花粉细胞脱分化状态下的细胞分裂的研究，使细胞在脱分化状态下主要进行无丝分裂的证据从营养细胞扩展到生殖细胞，表明了这种现象的普遍性。

脱分化无丝分裂的活体连续观察 脱分化状态下细胞主要进行无丝分裂的现象发现后，就一直处于争论之中。不同意这种观点的人提出的意见集中在以下两个方面：首先是细胞学证据不足，他们认为核碎裂毋庸置疑，但把它与新的细胞形成联系在一起尚无具说服力的连续的细胞学证据；其次，核的碎裂早就有报道，但由于核碎裂过程中未观察到母细胞的遗传物质均等分配到子细胞中的过程，因此一直认为核碎裂的细胞是无生命力的。如果脱分化状态下细胞主要进行这种分裂方式，那么由这种分裂方式形成的子细胞将来有可能会发育成器官或植株，这在遗传上是无法解释的。在这种情况下，要进一步论证脱分化状态下细胞进行无丝分裂的观点，必须首先拿到这种细胞分裂全过程的连续的细胞学证据，然后再培养这种分裂形成的子细胞进一步生长发育。对于前者，最好的方法是对无丝分裂的全过程进行活体连续观察，揭示分裂全过程的每一个细节，从而证明核的这种分裂是细胞分裂的一个组成部分。对于后者则必须对这个被观察的细胞作进一步的追踪，以确定它们是否具有生命力。为此陆文梁在80年代初重点进行了这项实验，用了不到3年的时间终于获得了成功。实验以胡萝卜悬浮培养的单细胞作为实验材料，首先突破了单细胞载玻片上微室培养技术（图12）。这种技术使得在微室中培养的单细胞能不断分裂形成一个小细胞团，而且在此过程中还能应用相差照相技术将活细胞分

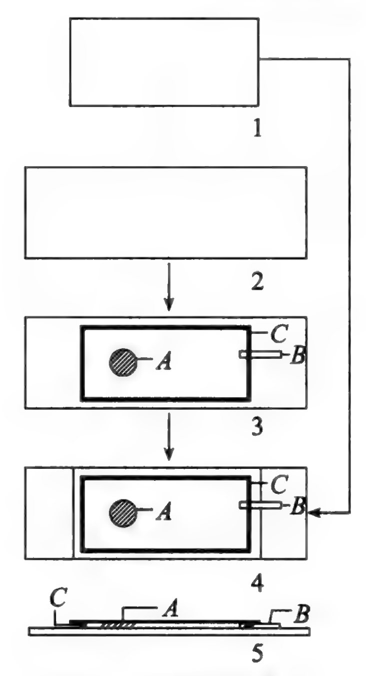


图12 微室培养的制备

（1～2. 盖玻片和载玻片。洗净后用酒精灯火焰消毒备用。3. 载玻片消毒后，按盖玻片的大小涂上一圈四环素眼膏（*C*），滴上一滴分离细胞悬浮液（*A*），并在四环素眼膏处放上一小段毛细管（*B*）。4. 将消毒后的盖玻片盖在四环素眼膏的框子上，使其与眼膏紧密接触，在盖玻片与载玻片之间造成一密封的小室，这小室通过一段毛细管与外界通气。盖玻片盖上后要使它与细胞悬浮液滴相接触。5. 微室的纵剖面。）

裂连续过程的细节清楚地记录下来。在此基础上设计的实验取得了成功，获得了细胞无丝分裂全过程的连续变化的照片和详细的资料。微室培养的条件是，液体培养基MS 附加2，4-D 2 mg/L 和CH 500 mg/L，温度26.1 ℃，24 h 连续光照。对这次分裂过程的观察是从间期到下一间期。连续观察获得的清晰照片表明，整个分裂过程按细胞学特点可以分为前期、中期、后期和末期4 个时期（图13）。细胞处于间期时可以明显地观察到胞质环流，其速度随生理状态的不同在 2～6 μm/s 之间变化；随着细胞质的流动，核的位置在细胞中不断变化。快要进入分裂期时，核

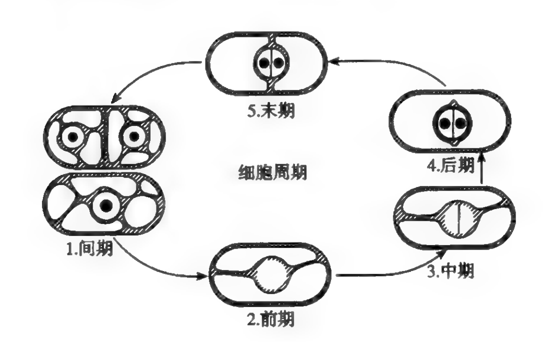


图13 劈裂式无丝分裂细胞周期模式图

必定运动到细胞中部并停留在那里不再随胞质环流而变化位置。进入分裂期时，细胞质首先出现明显变化，原先迅速运动的胞质环流立即停止。与此同时，核也发生了变化，核仁的染色逐渐变浅到最后消失。细胞的这种状态持续的时间随细胞不同而不同，在19～30 min之间，这时期称它为前期。紧接着核发生的明显变化是在细胞核的正中出现一条裂缝将核分成大体上相等的两部分，核裂开需要的时间也因核而异，约8～50 s，这个时期称为中期。核裂开后分开的两部分逐渐变圆，与此同时核仁渐渐地在两个子核中显现出来，这需要7～14 min，这时期称为后期。在核仁逐渐形成过程中，新的细胞壁已在核的裂缝中逐渐形成。这时核周围的细胞质不断地向核的裂缝周围集中并沿这个裂缝的面呈一个平面向四周展开，新细胞壁在核的裂缝中形成后就向这个细胞质平面中扩展，当这个细胞质平面扩展到与母细胞壁四周连接后，新细胞壁也逐渐与母细胞壁连接而将母细胞分割成为两个子细胞。这个过程主要是胞质分裂，它需要的时间随细胞大小而异约7～35 min，这时期称为末期。至此细胞的分裂期告一段落。分裂期结束后细胞又进入间期，这时胞质环流又重新开始，随胞质环流，核又不断地改变在细胞中的位置。这种细胞分裂的特点是：核分裂是通过在核正中形成窄而直的裂缝来完成的，在此过程中不出现染色体和纺锤体，核分裂经历核仁消失和核仁再显的过程。这些特点表明这种细胞分裂既不同于已知的有丝分裂，也不同于已知的无丝分裂，因此我们给它起了一个新的名字叫劈裂（Cleavage）。劈裂分裂的核分裂速度极快，表明脱分化细胞分裂有极快的速度。分裂经历了核仁消失和核仁再显过程，表明核内发生了极其复杂的变化。为了进一步证明劈裂分裂确实不出现染色体和纺锤体，陆文梁等又进行了染色实验。在活体观察中，将细胞分裂快要从前期进入中期的细胞从微室中取出，用醋酸洋红染色，染色的结果也证明劈裂分裂过程确实不存在染色体和纺锤体。为了证明劈裂分裂后的子细胞是具有生命力的，陆文梁等将单细胞分裂的活体连续观察一直延续到形成一个小细胞团，发现由劈裂分裂形成的子细胞都具有不断分裂的能力，并且开始的几次分裂都是劈裂。这个实验明确地证明了脱分化状态下细胞主要进行一种具生命力的新的类型的细胞分裂。

植物的组织和细胞培养中，所有器官和植株的再生都起源于培养细胞第一次分裂形成的子细胞，这次分裂的重要性是可想而知的。因此不管是从细胞全能性还是从遗传学的角度来看，这次分裂都首先要保证母细胞的遗传物质能均等地分配到子细胞中。有丝分裂有完整的机制保证母细胞的遗传物质均等地分配到子细胞中，然而目前所发现的劈裂并没有观察到这种完整的机制。由此陆文梁推测，这种新的类型的细胞分裂必定存在一种新的机制，这种机制以一种比有丝分裂的机制快许多倍的速度保证复制后的染色体在不缩短的情况下将子染色体正确地分配到子细胞中。大概正是由于这种分裂的速度极快，染色体又未缩短，因此染色体分配中发生差错的频率必然很高，这也许是组培中出现染色体倍性混乱和愈伤组织有时丧失器官

分化能力的原因所在。脱分化细胞学是一个新领域，它在理论上和组织培养实际应用上确实具有重要的意义。目前对这个领域尚未进行很好的研究，主要是由于受到方法上的限制。今后随着研究方法上的突破，前景必定不可预量。

参考文献

Nuti-Ronchi V.，Bennici，A.：Nuclear fragmentation in dedifferentiating cells of *Nicotiana glauca* pith tisssue grown *in vitro*，*Cell Differentiation*，2：77～85，1973。

孙敬三，朱至清，李守全：小麦离体花药中花粉核无丝分裂的电子显微镜观察，《实验生物学报》，17：281～289，1984。

陆文梁：离体培养中胡萝卜细胞脱分化状态下无丝分裂的活体连续观察，《中国科学》(B 辑)，4：321～326，1983。

（陆文梁）

生物化学与分子生物学

(Biochemistry and Molecular Biology)

生物化学是一门较古老的学科，最早关于生命物质的研究大约始于18 世纪的中期，而“生物化学（Biochemistry)”这一名词大约出现于19 世纪末和20 世纪初。分子生物学则是一门较新的学科，通常认为在20 世纪50 年代初Watson 和 Crick 建立DNA 双螺旋模型时，出现了“分子生物学（Molecular Biology)”。Kendrew 主编的《分子生物学百科全书》中的“分子生物学”条目，对分子生物学做了简略的历史回顾：第一次提到分子生物学的是Weaver (1938)；第一次使用分子生物学术语的是Astbury (1938)；第一次用做研究机构名称的是“剑桥分子生物学的医学研究委员会”(1956)；第一次用做杂志名称的是《分子生物学杂志》(1959)；第一个成立的分子生物学国际组织是欧洲分子生物学组织（1963）。

《中国大百科全书》是这样定义“生物化学”和“分子生物学”的：生物化学是“研究生命物质的化学组成、结构及生命过程中的各种化学变化的科学”；分子生物学是“从分子水平研究生物大分子的结构与功能，从而阐明生命现象本质的科学”。从表面看来，二者仅在研究的层次上、不同分子水平上和近期目标上有所不同；而总的目标是一致的。随着研究的深入发展，这两门生物学的分支学科之间的界线已变得越来越难以区分，逐渐地、不知不觉地两者“合二为一”，成为“生物化学与分子生物学”一门学科。在欧美的一些实验室/系已改名或定名为“生物化学与分子生物学实验室”/“生物化学与分子生物学系”。1991 年“国际生物化学联合会(IUB)”改名为“国际生物化学与分子生物学联合会（IUBMU)”。随后，我国和各省、市的生物化学学会都改名为“生物化学与分子生物学学会”。“中国生物化学与分子生物学学会”是1992 年更名的，1998 年学会刊物也更名为《中国生物化学与分子生物学报》。1992 年以来国家自然科学基金会多次召开了“生物化学与分子生物学发展战略研讨会”，并发表了研讨报告。

中国生物化学学会（现称中国生物化学与分子生物学学会）成立于1979 年，到20 世纪末共选出7 届理事会，历任理事长是：王应睐、林其谁、张龙翔和邹承鲁，现登记会员有6 000～7 000 人。曾在我国举行的国际会议有：1987 年在北京召开的国际生物化学会议；1992 年在上海召开的第6 届亚洲和大洋洲生物化学家联合会(FAOB)代表大会兼学术大会；2000 年在北京召开的第15 次亚洲和大洋洲生物化学与分子生物学家联合会(FAOBMB)学术大会等。我国生物化学与分

子生物学刊物主要有:《中国生物化学与分子生物学报》、《生物化学与生物物理学报》、《生物化学与生物物理进展》、《生命的化学》、《国外医学——分子生物学分册》等。近20 年来,我国举办了许多生物化学/分子生物学训练班,尤其是中国科学院上海生物化学研究所多次举办的大型的生化训练班,培养了大批生物化学与分子生物学人才,对促进我国生物化学与分子生物学的蓬勃发展起到很大的作用。

一、20 世纪前半期的中国生物化学研究

我国早期(1917～1949)生物化学的发展已由郑集在其专著《中国早期生物化学发展史》中做了详尽的综述。在那一期间,中国生化学家主要开展营养学方面的研究,做出过重要贡献;少数学者从事蛋白质、发酵、代谢、医学生化等研究,其中吴宪(1983～1959)是最卓越的,他在1931 年发表了一篇关于蛋白质变性的论文,论点为国际科学界所公认,他是蛋白质变性理论的首创者。

二、20 世纪后半期的国际生物化学与分子生物学研究成果

20 世纪的下半世纪,即50 年代以来,生物化学与分子生物学成为当代众多学科中发展最为迅速的学科之一。在这半个世纪里,提出了许多新理论和新学说,发现了许多新物质和新过程,诞生了许多新技术和新方法,许多研究成果也已经应用于实际和产业化,如医学诊断、转基因生物、基因工程和蛋白质工程等等。在这50 年里,从事生物化学与分子生物学研究而获得诺贝尔奖的科学家,据不完全统计有80 多人。这些科学家得到的研究成果,如理论、学说、物质、过程、技术或方法,都极大地促进了生命科学甚至自然科学的发展。

蛋白质和多肽研究方面 Sanger 测定了胰岛素的结构;Perutz 和Kendrew 阐明了血红蛋白和肌红蛋白的空间结构;Hodgkin 应用X-射线技术测定了蛋白质分子结构;Moore 和Stein 提出了关于核糖核酸酶化学结构与活性中心的催化活性间的关系;Anfinsen 提出了核糖核酸酶中氨基酸序列与生物活性构象的关系的新见解;Guillemin 和Schally 发现脑多肽激素;Yalow 建立了多肽激素的放射免疫测定法;Klug 发展晶体电子显微镜技术测定了核酸－蛋白质复合物的结构;Merrifield 建立和发展了蛋白质固相化学合成法;Cohen 和Levi-Montalcini 发现生长因子;Fischer 和Krebs 发现可逆的蛋白质磷酸化是一种重要的生物调节机制;Gilman 和Rodbell 发现G-蛋白及其在细胞内信号转导中的作用;Prusiner 发现一种新型的、具感染性的蛋白致病因子—— prion 等等。

酶和辅酶研究方面 Lipmann 发现辅酶A 及其在中间代谢中的重要性;Theorell 阐明氧化酶的性质和作用方式;Cornforth 研究了酶催化反应的立体化学;Arber、Nathans 和Smith 发现限制性内切酶并应用于分子生物学和分子遗传学的研究;Skou 发现输送离子的Na^+,K^+-ATP 酶;Boyer 和Walker 阐明了ATP 酶促合成机制等等。

核酸和核苷酸研究方面 Tood 关于核苷酸和核苷酸辅酶有出色的研究成果;Beadle 和Tatum 发现化学反应对基因的调控和影响;Lederberg 发现细菌中DNA 的基因重排;Ochoa 和Kornberg 分别阐明RNA 和DNA 生物合成的机制;Crick、Watson 和Wilkins 阐明了DNA 的双螺旋结构;Jacob、Lwoff 和Monod发现酶和病毒合成的基因调节机制;Holley 测定了tRNA 的一级结构;Khorana 和Nirenberg 破译了蛋白质生物合成的遗传密码问题;Leloir 发现糖核苷酸及其在糖代谢中的作用;Sutherand 发现环化

核苷酸如cAMP的作用机制；Berg对重组DNA有出色研究；Gilber和Sanger建立了快速测定DNA序列的方法；McClintock提出可移动遗传元件学说；Altman和Cech发现RNA催化功能即核酶（ribozyme）；Varmus和Bishop研究了反转录病毒癌基因的细胞起源；Roberts和Sharp发现断裂基因；Mullis发明PCR方法；Smith建立DNA合成用于点突变研究技术等等。

其他方面 Martin和Synge发明分配层析；Krebs阐明三羧酸循环；Block和Lynen阐明胆固醇和脂肪酸代谢的机制和调节；Edelman和Porter确定抗体的化学结构；Baltimore、Bulbecco和Temin发现肿瘤病毒和细胞遗传物质的相互作用并提出前病毒学说；Bergstrom、Samuelsson和Vane发现前列腺素和相关生物活性物质；Brown和Goldstein阐明胆固醇代谢的调节作用；Furchgott、Ignarro和Murad发现NO是心血管系统的信号分子等等。

三、20世纪后半期我国的生物化学与分子生物学研究成果

在罗列了一些20世纪后半期国际上在生物化学和分子生物学研究的重大事件之后，明显地看出我国在这个领域是非常后进的。但是，我们的科技工作者努力工作，也取得了一些好的结果，其中少数跻身于国际前沿并被国际承认。特别在近20年，我国生物化学与分子生物学的研究越来越被重视，从事研究的单位多了，经费支持不断加强，国际交流增多，并取得了不少较突出的研究成果。

牛胰岛素和酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成 我国生物化学与分子生物学研究的代表性成果的首选：牛胰岛素和酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成。这是在特定年代，根据国情提出的研究课题，在当时国际上是不可比拟的：我们集中了一些研究单位——中国科学院的上海生物化学研究所、上海有机化学研究所、上海细胞生物学研究所、生物物理所（北京）、北京大学等，还有两个工厂——东风生化试剂厂和上海试剂二分厂，投入大量的研究人员（还包括工人），群策群力，日夜兼程，从提出课题到胜利完成，分别大概用了10年时间。中国科学院上海生物化学研究所等单位为进行这两项研究，首先是从制备和生产氨基酸和核苷酸开始的。在当时，人工全合成所需要的化学试剂和酶以及其他绝大部分物品，都不可能进口，而需要自己制备。在工作中他们使用和改良了已有的化学合成方法；胰岛素合成采用二硫键拆合战略，结果证明是正确的，邹承鲁、杜雨苍等在胰岛素的二硫键拆合研究中做出了很大贡献；合成酵母丙氨酸转移核糖核酸时，王德宝首先提出使用化学和酶促相结合的合成方案，大大加快了工作进度。牛胰岛素和酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成研究终于分别在1965年和1981年获得了成功，全合成产品经过严谨的活性测定，结果证明得到了与天然完全相同的产物，表明我国在世界上既第一次人工合成蛋白质，又第一次人工合成核酸。这两项研究成果在国内获得了许多荣誉，主要研究者得到了奖励。“牛胰岛素人工全合成”成果获1982年国家自然科学一等奖、1992年陈嘉庚生命科学奖。“酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成”成果于1984年获得了中国科学院重大科技成果一等奖、1987年国家自然科学一等奖和1991年陈嘉庚生命科学奖。龚岳亭、王德宝等多次分别被邀请在国外做学术报告，均获得了很好的评价。

中国人类基因组计划和水稻基因组计划 以美国为主体的“人类基因组计划”是在1985年提出并于1990年启动的，到20世纪

末已取得振奋人心的结果，在包括我国在内的国际科技和学术界的努力下，在2003年提前完成对3×10^9核苷酸序列的测定。我国开展与人类基因组有关的研究始于1993年，在国家自然科学基金会和国家高技术计划（即863计划）支持下，组织了两个重大项目："中华民族基因组中若干位点基因结构研究"（1994）和"重大疾病相关基因的定位、克隆、结构与功能研究"（1997）。1998年我国国家科技部决定，分别在上海和北京建立国家人类基因组南方研究中心和北方研究中心，组织有关单位较全面地开展中国人类基因组计划。1999年9月我国被正式接纳加入人类基因组的国际合作计划，任务是承担人3号染色体中全长约3×10^7碱基对序列（占人基因组总长度的1％）的测定。自1993年以来，取得的一些较突出的研究成果是：采集了30多个我国不同民族和人群的DNA样品，与国际上15个参考人群的基因组多态性进行了详细比较，得到许多有意义的结果；按国际合作计划，于2000年6月如期完成3号染色体"框架图"工作，并进入全序列测定的最后阶段；完成了痘苗病毒天坛株基因组（196 kb）和对虾白斑杆状病毒（305 kb）的全序列测定；疾病相关基因的研究取得了显著成绩，如夏家辉领导的研究组发现了遗传性高频耳聋的致病基因，陈竺小组从急性早幼粒细胞和白血病细胞中分离出受全反式维甲酸调控的新基因等；在肿瘤相关基因研究中，重点研究了白血病和实体肿瘤的相关基因，取得了一批成果。最近，我国又制定了"疾病基因组学"的研究规划。上海和北京的几个研究组在人类基因功能研究方面有所突破，得到了500多条新基因的全长cDNA。

我国"水稻基因组计划"是1991年提出的，1992年国家科委（即现在的科技部）宣布实施。同年在上海成立中国科学院国家基因研究中心。根据国际分工，确定我国测定水稻的第4号染色体的全序列。

除了人类和水稻基因组外，我国还开展了一些重要微生物，如痢疾杆菌、黄单胞菌、噬热菌、钩端螺旋体的基因组的测序和功能研究。

蛋白质和酶学研究

1. 胰岛素及其他一些蛋白质的晶体结构测定。牛胰岛素人工全合成之后，中国科学院物理研究所、生物物理研究所等单位和上海生物化学所协作，开展了胰岛素晶体结构研究。应用X-射线衍射技术，不断提高分析水平，从4Å、2.5Å、1.8Å到1.2Å，测定了天然胰岛素和大量胰岛素衍生物的晶体结构，取得很好的结果，为胰岛素三维结构与功能关系提供很好的解释。胰岛素晶体结构是我国学者梁栋材等独立完成的第一个蛋白质三维结构，先后获得了1978年全国科学大会奖、1982年和1989年国家自然科学二等奖以及1986年的中国科学院科技进步一等奖。此外，中国科学院生物物理所、上海生物化学所、上海有机化学所、福建物质结构所以及北京大学测定的蛋白质晶体结构有：蛇毒磷脂酶、天花粉蛋白、蛋白酶抑制剂等。

2. 琥珀酸脱氢酶研究。早在50年代初，王应睐、邹承鲁和汪静英纯化了琥珀酸脱氢酶，在国际上首次发现该酶的辅基FAD是与酶蛋白共价结合的，并对呼吸链及其他酶系进行了一系列研究。这些工作得到当时国际同行很好的评价。

3. 肌肉蛋白质的研究。曹天钦于50年代回国，开展包括不同来源的原肌球蛋白的比较及其特性、副肌球蛋白、肌球蛋白、肌动蛋白等肌肉蛋白质的研究，对这些蛋白质的分类和它们在肌肉结构和收缩功能中的作用取得了许多有意义的结果。

4. 天花粉蛋白研究。天花粉蛋白是从中

药天花粉中提取的植物蛋白，它比天花粉在外用引产及治疗一些妇科病方面，更为安全和具较低的副作用。1966年开始，中国科学院上海有机化学所分离纯化了天花粉蛋白，随后测定和校正了其一级结构。80年代开始，完成了对该蛋白质晶体的中分辨率和高分辨率的三维结构的测定。在许多单位的参与下，对这个“国产的”蛋白质的生物化学性质、细胞学性质、免疫学性质、药理学性质和病理学性质等进行了深入的研究。现已用基因工程和蛋白质工程手段表达了这个蛋白质，并探讨了其结构与功能关系。

5. 核糖体失活蛋白（RIP）的研究。我国有多个研究核糖体失活蛋白（RIP）的实验室。RIP能以两种不同机制作用于真核核糖体28S rRNA，显示出磷酸二酯酶活性或RNA N-糖苷酶活性。RIP曾被用于抗肿瘤、治疗艾滋病研究。我国对包括天花粉蛋白（也是一种RIP）在内的许多不同来源的核糖体失活蛋白（RIP）进行了广泛而深入的研究。

6. 关于蛋白质（酶）必需基团的化学修饰和活性丧失的定量关系。60年代初，邹承鲁在一系列实验的基础上，确立了蛋白质（酶）必需基团的化学修饰和活性丧失的定量关系，建立的公式和确定蛋白质（酶）必需基团的方法已被国际上广泛接受和采用，被称为“邹氏公式”和“邹氏作图法”而收入在一些教科书和专著中。

7. 关于新生肽链折叠与分子伴侣的研究。基因通过转录和翻译得到的多肽必须经过有序的折叠才能成为功能蛋白质分子。新生肽链折叠是非常复杂的过程，有的是用酶催化进行的，另外还靠分子伴侣帮助折叠。研究证明，蛋白质二硫键异构酶具有分子伴侣的功能，并对此做了深入的探讨。

此外，我国关于蛇毒蛋白质、蛋白酶抑制剂、果糖-1，6-二磷酸酯酶等的性质和晶体结构研究，都取得较突出的成果。

新基因的发现和基因表达调控

1. 新基因。我国发现并在国际公共数据库登记的新基因数目已很难统计。除了上面提到的“基因组计划”研究中找到的新基因外，许多研究单位发现了很多功能基因，包括蛋白质基因和RNA基因，这些单位是：中国科学院一些研究所——遗传所、生物物理所、上海生化所等；中国医学科学院基础医学所；大学系统——复旦大学、中山大学等。这些新基因都已在国际基因数据库中登记，为丰富基因库做出贡献。

2. 病毒基因及其调控机制研究。我国开展病毒基因研究的对象包括动物病毒和植物病毒。动物病毒中，人免疫缺陷病毒（HIV）和肝炎病毒（从甲型到戊型）是重点研究对象。李载平、汪垣等对从我国分离出的adr亚型乙肝病毒（HBV）开展了近20年的研究，分离鉴定了HBV基因中许多顺式作用元件，研究了反式作用因子的调控机制。HBV疫苗研究也得到很好的结果。中国预防医学科学院的病毒基因工程国家重点实验室侯云德等对多种病毒基因组及其调控研究取得了许多成绩。

3. 固氮结瘤基因的结构与调控。70年代我国组织的化学模拟生物固氮研究，取得很大成绩。80年代国际上鉴定了根瘤菌中与结瘤、固氮、代谢相关的基因群，并研究了它们的调控机制。我国较详细地研究了*nod* D基因及其表达的Nod蛋白对结瘤基因的调控问题。

4. 真核基因的表达调控研究。早期人们从基因开始认识和了解蛋白质，随着分子生物学方法的进展，我们可以在了解一些蛋白质结构的基础上，去寻找和分离其基因。从基因入手研究蛋白质和酶的结构与功能，从

某种意义上说是一条捷径；同时，更为重要的是了解蛋白质和酶是如何表达和被调控的。我国从基因到蛋白质或从蛋白质到基因两方面对真核生物的基因表达调控进行广泛的研究，除上面提到的肝炎病毒等的病毒基因和固氮结瘤基因外，被研究的基因还有：各类生长因子及其受体、载脂蛋白、热休克蛋白、磷脂酶、酸性磷酸酯酶、蛋白酶抑制剂、胆固醇酰基转移酶等等。

5. 基因表达系统。为研究基因的结构与功能，需要建立基因表达系统，目前我国已经几乎建立了所有表达系统，如大肠杆菌等原核表达系统、酵母表达系统、昆虫表达系统、哺乳细胞表达系统等。

RNA 研究　RNA 研究是 20 世纪后期发展较为迅速的生物化学与分子生物学领域，在这段时间里有不少的发现和突破。我国在1981 年完成“酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成”项目后，王德宝、金由辛的研究组即对该tRNA 的结构与功能关系进行深入的研究，包括改变tRNA反密码环的大小，进行1/2 分子和1/4 分子的天然的和人工的（不含修饰成分的）片段重组，得到了比较明确的修饰成分在tRNA 生物功能中的作用的结论。王应睐、王恩多等对其他tRNA及其与氨酰tRNA 合成酶的关系以及复合物的晶体结构也进行了研究。核仁小分子RNA(snoRNA)是一类与rRNA 加工有关的RNA分子，与其他RNA 相比，较晚发现。中山大学屈良鹄应用计算机分析和实验相结合技术，发现并预测小鼠等哺乳动物、酵母和拟南芥（*Arabidopsis thaliana*）中的百多个snoRNA 基因，并研究了一些snoRNA 的生物功能。我国的tRNA 和snoRNA 研究在国际上是有一定地位的。在863 计划和国家自然科学基金委员会的支持下，国内许多单位开展核酶（ribozyme）的理论和应用研究，用核酶和反义核酸阻断有害基因和病毒基因表达的应用研究，都取得了不少初步结果。

关于生物化学与分子生物学研究成果的应用　由生物化学与分子生物学成果衍生出来的、基于DNA 重组技术的基因工程、蛋白质工程和酶工程等生物技术，以及各种新型药物和基因诊断等，自从1980 年国家高技术计划（即863 计划）制定并实施以来，已在全国范围内广泛开展，取得了一系列结果。现在已有不少基因工程、蛋白质工程和酶工程产品进入临床或上市，包括核酸药物（核苷酸药物和反义药物）在内的生化药物已被常规使用。应用PCR 技术进行的基因诊断方法也已在我国各医疗部门推广。

20 世纪后半期，我国生物化学与分子生物学的理论和应用研究较全面地开展，但与国际的差距还是很大的。由于人力和物力的限制，发展也是不平衡的，有不少领域，如糖类、脂类、RNA 和基础生化等研究被重视不够，支持不多，因而与国际水平的差距越来越大。相信在21 世纪我国的生物化学与分子生物学研究，随着我国经济的发展和有关部门的重视，将全面地与国际水平接轨，为社会做出更大的贡献。

在分子水平上探讨生命的本质，生物化学和分子生物学渗透入生物学的各个领域，出现了一系列新的分支学科，如分子遗传学、分子细胞学、分子免疫学、分子病理学、分子药理学、分子神经生物学等。在这些领域中，我国也有许多研究成绩。

参考文献

郑集：《中国早期生物化学发展史》，南京：南京大学出版社，1989。

国家自然科学基金委员会：《自然科学学科发展战略调研报告・生物化学与分子生物学》，北京：科学出版社，1996。

（祁国荣）

人工合成胰岛素 (Synthesis of Insulin)

胰岛素是由动物胰脏分泌的一种蛋白质激素，其最明显的生理功能是影响碳水化合物的代谢，增大葡萄糖进入细胞的通透性，增强葡萄糖的氧化与糖原的生成，并有调节蛋白质、核酸合成的作用。其主要靶器官为肝脏、肌肉等组织。人们所熟知的胰岛素生理效应是使体内血糖水平达到动态平衡，调节葡萄糖浓度约为80 mg/100 mL 血液。至今临床上把胰岛素作为治疗糖尿病的特效药物。

英国科学家Sanger 于1955 年因首先阐明胰岛素的化学结构而获得诺贝尔奖。胰岛素在当时是惟一已知氨基酸排列顺序或一级结构的蛋白质分子。1956 年在颁发该项诺贝尔奖时，曾发表于国际学术期刊《自然》的评论文章中预言："人工合成胰岛素还不是近期所能做到的。"50 年代之际，有关蛋白质研究领域较集中于它们的物化性质、生物功能，而对它们的结构与功能关系的分子基础了解甚浅，化学合成蛋白质的知识贫乏，充满着"神秘色彩"，似乎仅在生物体内才能产生蛋白质。1958 年中国科学院上海生物化学研究所的科研人员殷切地期望在不太长的时期内攀登科学高峰，放出一颗"科学卫星"，振奋人心，为祖国的科学事业做出贡献。于是该所发挥科学民主精神，组织老、中、青科研人员三结合，经过认真讨论，提出"世界上第一次人工方法合成蛋白质在中华人民共和国实现"的雄伟目标。当时的选题思想明确，一致认为，核酸和蛋白质是显示生命现象的物质基础，蛋白质是调节生长、发育、繁殖、代谢和行为等生命活动的主要承担者，如果能解决蛋白质人工合成的问题，能按照"订单"制造出人们所需要的蛋白质，乃至创造出比自然选择更完美的蛋白质"变种"，这不仅对于了解生命现象的本质有重大意义，还可以为人类的生产实践开辟出新的天地，在生命科学研究的漫长道路上树立一块重要里程碑。此外，恩格斯在《自然辩证法》中的论述——"生命是蛋白体的存在形式……"，可以理解为核酸与蛋白质组合的复杂体系构成生命现象的物质基础，蛋白质的人工合成可以认为是一个开端，好比万里长征，始于足下。因此这一课题尚具有一定的哲学意义。

胰岛素是一个较小的蛋白质分子，"麻雀虽小，五脏俱全"，它是一条由21 个氨基酸按一定顺序排列的A 肽链和另一条由30 个氨基酸按特定顺序排列的B 肽链，通过两个二硫桥键（A_7Cys－B_7Cys 与 A_{20}Cys－B_{19}Cys）连接成双链的蛋白质分子，A 链自身还有一个链内的二硫环（A_6Cys－A_{11}Cys）。胰岛素称得上是一个典型的球状蛋白质，它有突出的结构特征，即有特殊的空间构象或三维结构。氨基酸残基按特定的顺序排列组合，称之为一级结构。分子中的部分区域呈现α 螺旋结构，使分子趋于紧密；有的部分呈β 转角，即使肽链的走向形成U 字形的转弯；有的则处于伸展的状态，较为柔性，这些特征称之为蛋白质的二级结构单元。整个肽链走向又按一定的方式折叠，构成特殊形状的完整分子，称之为三级结构。三个二硫键是稳定结构的关键因素。如果空间构象遭受破坏，蛋白质分子就松散变性，随之丧失生物活力。因此人工合成蛋白质不仅要将氨基酸经化学反应定向地连接成逐步延长的肽链，还必须按指定的位置排列组合，不能在其他侧链上分支，最后得到的两条肽链能自然正确地配对三个二硫键，折叠成具有诸如α 螺旋、β 转角等与天然胰岛素同样构象的活性分子，且能结晶，表现出同等的生物活力。这是一项科学意义重大、难度很高的基础研究课题。

对于中国来说，50 年代之际要完成这项科研确实不易，如合成蛋白质的原料——氨基酸尚待进口。生化所与中国科学院领导鼓励科研人员献策，集思广益，务实奋进。经过讨论，确定了战略决策，确定了五路进军的方案，即以天然胰岛素的拆合和氨基酸生产为先行；多肽化学合成为主力；同时建立与改进肽链的分离、纯化与分析技术；并探索肽的激活（磷酸化）与酶促转肽等生化途径。总的精神是："全面准备，多路探索，上下并举，重点突破。"首先解决胰岛素分子中三个二硫键拆开后能否再重组为原来的天然胰岛素，因为胰岛素是双链的蛋白质分子，两链之间的二硫键的正确配对是决定性因素。国外学者在过去几十年间曾经将胰岛素还原拆开二硫键后丧失全部生物活性的产物进行氧化，试图重新恢复活性，但都未获成功。这一关键问题能否解决，关系到化学方案的选择。如获成功，便可把胰岛素人工合成的方案定为：先行分别合成二十一肽及三十肽的A、B 两条链。其次，多肽合成工作量大，难度高，当时国际上该领域的最高水平也仅有α-促黑素细胞激素（α-MSH，十三肽），由瑞士科学家 Robert Schroyzer 研究合成的实例，美国科学家du Vigneaud 因合成催产素（九肽）而在50 年代获得诺贝尔奖。

天然胰岛素的拆合工作是采用亚硫酸钠和连四硫酸钠将天然胰岛素拆分为A 链及B 链的S-磺酸衍生物。1957 年Swan 等指出它们的溶解度较大，性质较为稳定。由于引入负电荷，使A 链及B 链的S-磺酸衍生物的等电点差异悬殊，因此便于分离纯化。提纯后的A 链磺酸衍生物还原为A－SH，调节到其等电点（酸性）时即可沉淀。取过量的A－SH与B 链磺酸衍生物，在4 ℃、碱性pH 及无氧情况下进行二硫键交换。1959～1960 年间，邹承鲁、杜雨苍等使用这一巧妙方法能有效地重组双链的胰岛素分子。这说明胰岛素分子中的三个二硫键连接方式，即A_7-B_7 的 －S－S－、$A_{20}-B_{19}$的 －S－S－ 与A_6-A_{11} 的 －S－S－是最稳定的结构形式。如照一般几率测算，正如Kauzmann 于1959 年所言，两条肽链的6 个Cys－SH 在氧化组合时，连接成三个二硫键正确配对的几率甚低，除了两条肽链自身交联聚合之外，还有错配的各种二硫键，乃至有不同比例的高聚物。Dixon 与Wardlaw 于1960 年发表了还原后的胰岛素产物重组为胰岛素，但产率较低，而邹承鲁等所得的重组产率可高达50%。重组产物经仲丁醇：醋酸：水系统的逆流分溶，可分离出三个二硫键正确配对的胰岛素，在含锌离子、丙酮弱酸性溶液中得到晶体产物。产物的形状、电泳及层析行为、生物活力及酶解指纹图谱均与天然胰岛素的相同。此先行工作为人工合成胰岛素奠定了基础，在应用天然A 链及B 链与相对应的人工合成B 链及A 链进行组合的半合成胰岛素时都充分地得到了证实，最后成功地应用于全合成结晶胰岛素。

多肽合成是人工合成胰岛素的主力部分，1959 年初首先由钮经义、沈昭文、龚岳亭等组织解决了氨基酸的大量供应问题，保证"粮草先行"，创办了生化所东风生化试剂厂，供应包括氨基酸等生化试剂。多肽合成的设计，一开始曾想到摸索二硫键的不对称合成，即试图将A 及B 链的三个二硫键的配对分先后次序定向关环。此方案需要选择三套不同的巯基（－SH）保护基，既能耐受得住多肽合成过程中的实验条件，又能在适当阶段选择性脱除，且不影响彼此的保护基团，然后先后分别定向连接成所要求的二硫键正确配对。1958 年时尚未有这种可选择的方法问世。直到70 年代才有瑞士Ciba 药厂研究组采取不同巯基保护基先后定向将三个二硫键

正确相连成胰岛素。1959～1960年间天然胰岛素的拆合成功为人工合成胰岛素铺平了道路，可以简化为从A及B链的合成入手，同时还需寻找将巯基保护基的引入与脱除的最合适的条件，使副反应减少到最低限度，提高两条肽链的重组产率与优化提纯最终产物的方法。胰岛素B链的合成由生化所钮经义领导，龚岳亭、黄惟德、葛麟俊、陈常庆等分工合成大肽片段，最后由龚岳亭负责B链的合成，于1964年成功地将人工合成的B链与天然A链组合成结晶胰岛素。胰岛素A链的合成由中国科学院上海有机化学研究所与北京大学化学系在汪猷与邢其毅领导下，徐杰诚、季爱雪等参加的合作组完成，龚岳亭也参加了部分工作，于1964年成功地将人工合成A链与天然B链组合成结晶胰岛素。1961～1964年间，曾先后将A和B链中各大肽的合成整理成论文发表。多肽合成必须全盘考虑，不能顾此失彼。有的氨基酸包含多功能基团，如谷氨酸的γ-羧基、赖氨酸的ε-氨基、精氨酸的胍基、组氨酸的咪唑基、半胱氨酸的巯基、丝氨酸与苏氨酸的羟基等，须将这些基团用不同的保护基封住，仅留出肽段的游离α-氨基与另一肽段的α-羧基定向缩合，形成所需的中间肽，且要避免消旋（因为天然的蛋白质组成都是L-型氨基酸）。在肽链逐步延长过程中所有引入的保护基都须经得住化学处理的考验，安然不动，最后又可脱除而不影响肽链的断裂或氨基酸残基的破坏。因此每一个中间肽往往用不同途径合成，通过多种方法鉴定。肽段的缩合尽量以甘氨酸为羧基活化的缩合点，或采用叠氮法低温缩合，以避免消旋。寻找最适的金属钠－液氨处理条件是重要的一步，尽可能温和地去除保护基而不破坏肽链或氨基酸残基。采用S-磺酸化的A及B链衍生物为纯化的最合适条件，因为它们较为稳定和易于纯化。巧妙地利用还原型A－SH pH 3.8等电点沉淀法和B链磺酸衍生物pH 5.0等电点沉淀法将两条肽链分别纯化。随后使用过量的A－SH和B链－S－磺酸衍生物在碱性pH与低温（4 ℃）条件下，充氮去氧进行两条肽链的二硫键交换，组合为二硫键正确配对的胰岛素，粗产物经酸性仲丁醇：水系统逆流分溶纯化，在含锌离子、丙酮的微酸性溶液中获得结晶。经过三年的扎实工作，多次实验，先后分别研制成两个半合成结晶牛胰岛素，即天然A链与人工合成B链以及天然B链与人工合成A链组合的产物，最后成功地全合成结晶牛胰岛素。总的过程经过200多步的化学合成、纯化等步骤，终于在1965年9月17日完成。这是世界上第一个人工合成的蛋白质，为了向全世界宣告并经得起严格的鉴定，由吴有训等著名科学家亲临现场指教，证实人工合成结晶牛胰岛素的晶体形状、电泳和层析行为、氨基酸组成和末端测定、酶解图谱、生物活力（小鼠惊厥反应和兔血糖下降效应）、免疫原性、^{12}C示踪鉴定均与天然胰岛素相同。

胰岛素全合成工作是第一次有效地完成了由两条合成肽链组合成二硫键正确配对的蛋白质。这一结果强有力地证明，只要氨基酸顺序排列正确，在很大程度上会自然形成具有α螺旋等二级结构单元，从而盘曲折叠成最稳定的高级结构，即具有生物活力的蛋白质，也就是说，蛋白质的一级结构在很大程度上可以决定其高级结构（即有特定的空间构象）。这是有重大意义的。

人工合成胰岛素还有更深远的意义。由于蛋白质和核酸两类生物大分子在生命现象中所起的主导作用，人工合成了第一个具有生物活力的蛋白质，便突破了一般有机化合物领域与信息量集中的生物大分子领域之间的界线，在人类认识生命现象的漫长征途中

迈出了重要的一步。

全合成结晶牛胰岛素工作简报发表于1965年《中国科学》(*Scientia Sinica*)，详述全文发表于1966年《中国科学》。

无独有偶，生物化学与分子生物学发展史上几个里程碑的工作都是以胰岛素为对象的，人们往往称之为“第一个”成就。例如，(1) 加拿大学者Banting 和Best 于1921 年发现的胰岛素为第一个蛋白质激素，作为治疗糖尿病的特效药物，因而获诺贝尔奖；(2) 1926 年Abel 获第一个结晶的蛋白质激素，并证明它是真正的有效成分；(3) 1955 年，Sanger 经过10 年奋战，首次阐明牛胰岛素的一级结构，从此开辟了蛋白质结构化学的研究领域；(4) 50 年代中叶Berson 与Yalow 等应用^{125}I 标记的胰岛素和其抗体专一性结合，创立了放射免疫测定法，推动了内分泌学的迅速发展，因此Yalow 也获得了诺贝尔奖；(5) 1965 年中国科学家首次合成了结晶牛胰岛素，开辟了人工合成蛋白质的时代；(6) 英国女科学家Hodgkin 等和中国科学家于1969～1972 年间先后用X-射线衍射法测定晶体猪胰岛素的空间构象，开展了结构和功能关系的研究，Hodgkin 因其系统的结构化学测定而获诺贝尔奖；(7) Steiner 首先阐述胰岛素从其前体转变而来的学说，从而开辟系列肽类激素生物合成途径的新领域；(8) Ulrich 及Itakura 等利用重组DNA 技术阐明胰岛素的基因序列，首次利用遗传工程将真核细胞的基因整合入原核细胞且能表达其产物,通过微生物发酵工业生产人胰岛素。他们最早利用A 链及B 链的分别表达，然后进行重组，两链连接的实验参考了我国的成果。

人工合成胰岛素之后，我国科学家利用酶促法和化学半合成法，乃至生物工程等先进技术，研制出高效、速效的胰岛素类似物，并从晶体结构说明胰岛素的作用机理，形成二体或六体及阻止聚合等分子基础的理论依据。

胰岛素人工合成的成果，在世界上引起了极大的反响。许多诺贝尔奖获得者相继访问上海生化所，包括因测定肌红蛋白晶体结构而获诺贝尔奖的英国的Kendrew 教授，他说，中国成功地人工合成结晶牛胰岛素的消息由英国电视台在晚上黄金时间播出，至少有几百万人收看这个节目,引起极大的反响。瑞典的Tiselius 教授，当时他任诺贝尔奖委员会化学组组长，对人工合成胰岛素的成就格外赞赏，他高度评价说，胰岛素人工合成是在中国首先实现的，连英国、瑞士等国家都没有做到，引起世界轰动。中国成功地爆炸原子弹，众目仰望，但这毕竟是在美国与苏联获得成功之后，而胰岛素人工合成是靠中国科学家自力更生,发挥集体智慧的结晶，不是跟随国外教科书的内容所摘取的科研成果。他于1966 年返国后在《瑞典日报》报道了他在中国的深刻印象，尤其是赞扬人工合成胰岛素的科研成果。两次获诺贝尔奖的英国科学家Sanger 教授参加在华沙召开的欧洲生化会议时，亲临由龚岳亭宣读人工合成胰岛素的报告会场上,向中国同行热烈祝贺，并说人工合成胰岛素的成功是证实由他阐明的牛胰岛素的化学结构正确无误的最强有力的证据。这一成就在该国际会议上受到许多著名生化学家的祝贺与赞扬。杨振宁教授在许多场合表扬中国科学家的集体力量的充分发挥，认为这是中国人值得骄傲的伟大科研成果。获诺贝尔化学奖与和平奖的英国科学家Linus Pauline 教授在访问上海生化所时说，英国报刊与《科学》杂志有大量篇幅介绍人工合成胰岛素的成功报道，引起美国科技界的震动。1973 年度英国《科学年鉴》(*Science Year*) 上刊登美国联合通讯社科学

专栏作家John Barbour 的评论“中国人民的科学”，文章中写道：“在过去很长一段时间内，中美两国人民虽然中断了交往，但是美国人民仍然知道，科学和技术在中国有了巨大的发展。这个巨人般的国家，在世界上第一个人工合成了胰岛素。她成功地爆炸了自己的氢弹，并且制造了火箭，发射了人造地球卫星。”由此可见，这项科研成果，举世公认，是中国科研人员在奋力攀登世界科学高峰、赶超世界先进水平的伟大进军中，为中国在基础科学研究方面争得的一项世界冠军。这一成果促进了生命科学的发展，开辟了人工合成蛋白质的时代，结构与功能关系研究、晶体结构测定等结构生物学亦从此开始。多肽激素与类似物的合成，在阐明胰岛素作用机理方面提供了崭新的有效途径，并为中国多肽合成的制药工业打下了牢固的基础。

参考文献

龚岳亭等：《科学通报》，11：941～945，1965。

龚岳亭等：*Scientia Sinica*，14：1 750，1965。

（龚岳亭）

胰岛素晶体结构研究 (Studies on Crystal Structure of Insulin)

翻开近代生命科学史，人们会发现，作为一种分子量很小的典型蛋白质激素，胰岛素与生物化学领域中的许多重要进展和突破密切相关，这其中也记录了中国科学工作者的可贵贡献，胰岛素晶体结构的测定就是继我国科学家成功地人工合成结晶牛胰岛素之后取得的又一项重要成果，并作为一个重要的学术事件而载入史册。

胰岛素的晶体结构，是指胰岛素分子的空间结构或三维结构，更确切地说，是指用X-射线单晶衍射方法测定的胰岛素分子的三维结构。1960 年，Kendrew 等测定了第一个蛋白质——肌红蛋白的晶体结构，这一开创性的工作不仅宣告了一个崭新的学科——蛋白质晶体学的开始，也把人们对蛋白质功能的认识和理解带进分子水平的三维结构的新领域。1965 年，中国杰出的科学家们用化学方法全合成具有全部生物活力的结晶牛胰岛素获得成功，这是多肽和蛋白质合成研究领域的一个里程碑，它极大地鼓舞了我国年轻的科技工作者并直接引发了我国胰岛素研究向三维结构深入和扩展。1967 年，由中国科学院物理研究所、中国科学院生物物理所和北京大学的科技工作者决定通力合作，测定胰岛素的晶体结构。随后，又有中国科学院计算技术研究所、中国科学院上海生物化学所和福建物质结构所的研究人员加入，北京胰岛素结构研究组正式成立，开始用X-射线晶体衍射技术测定三方二锌猪胰岛素的晶体结构。当时正值20 世纪60 年代末，国际上只有少数几个蛋白质的晶体结构被测定，蛋白质晶体结构测定的方法和技术也正处于实践和完善阶段，中国科学工作者能在当时选择并确定胰岛素三维结构的研究课题，无论对蛋白质三维结构研究，还是胰岛素研究本身，都是一个极富挑战性的前沿课题。经过艰苦努力，首先于1969 年获得了4 Å 分辨率的电子密度图，确定了晶胞中胰岛素分子的边界和大部分肽段的走向。随后，将研究的分辨率扩展到2.5 Å，确定了胰岛素分子的全部肽链走向和大部分残基侧链的正确取向，标志着 2.5 Å 分辨率的三方二锌猪胰岛素的晶体结构测定成功。紧接着，结构分析的分辨率被再次扩展到1.8 Å，并进一步完成了结构的精化。胰岛素分子三维结构的阐明，为胰岛素结构与功能关系研究提供了重要的结构基础。1979 年，原参加胰岛素结构测定的部分人员重新组成研究组，以胰岛素结构与

功能关系为中心，先后完成1.2Å高分辨率胰岛素晶体结构的修正、1.5Å分辨率去五肽胰岛素结构测定与精化以及一系列胰岛素类似物的结构测定。与此同时，由著名晶体学家、诺贝尔奖获得者D. Hodgkin教授领导的牛津小组的胰岛素晶体结构的研究工作几乎与中国小组同步进展，他们首先于1969年报道了2.8Å分辨率的研究结果，1971年报道了1.9Å的研究结果。在此期间，D. Hodgkin教授几次亲自访问北京，对双方各自独立获得的不同阶段的研究结果进行了详细的比较和有益的交流，对中国小组的研究工作给予了充分的肯定和高度评价。

胰岛素是具有多种生物功能的蛋白质激素，除了具有刺激葡萄糖、氨基酸、脂肪和蛋白质的利用，多种酶的激活以及脂肪和蛋白质的合成等代谢效应外，还具有促进DNA和RNA的合成，刺激细胞生长分化的生长效应。这些重要的生物效应是由胰岛素分子特异而精巧的三维结构所决定的。胰岛素是一种只有51个氨基酸的蛋白质。一个胰岛素分子由A、B两条链组成，A链含有21个氨基酸，B链含有30个氨基酸。胰岛素晶体结构(三维结构)的测定就是要确定组成胰岛素分子的51个氨基酸在三维空间的相互位置和关系，也就是要最终确定组成胰岛素分子的全部784个原子（包括403个非氢原子和381个氢原子）在晶胞中的三维坐标，从而确定胰岛素分子真实而准确的三维结构。

中国的胰岛素晶体结构研究可以分为两个阶段：即晶体结构测定阶段和三维结构与功能关系研究阶段。现将其主要研究内容和结果分述如下：

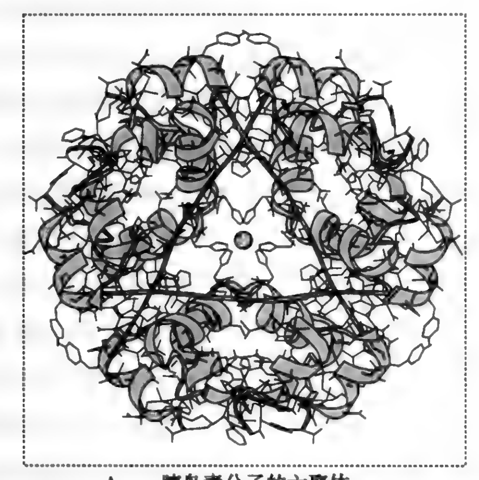
1. *胰岛素晶体结构测定*　胰岛素晶体结构的测定是采用X-射线单晶衍射结构分析法完成的。该方法的基本原理是：先将被测的蛋白质（如胰岛素）培养成一定尺寸的单晶，利用晶体对X-射线的衍射收集全部衍射数据，这些衍射数据的方向和强弱是由组成晶体的蛋白质的分子结构（组成该分子的全部原子)和分子在晶胞中的排布所决定的。因此，这些衍射数据中应该蕴含着蛋白质分子的结构信息。作为单晶结构分析的另一重要因素是相位问题，因为衍射数据的相位并不能直接用实验手段获得，因此相位问题也是结构测定的核心问题。相位问题是用多对同晶置换法（MIR）解决的，即用各种不同重原子试剂浸泡蛋白质晶体，制备一定数目的能使衍射特征发生变化的重原子衍生物，利用这些衍生物晶体与蛋白质母体晶体的衍射强度的差异获得相位信息，再利用结构因子与电子密度之间的数学关系（Fourier变换）获得整个晶胞的全部原子的电子密度分布。接下来的工作将包括电子密度的分析与辨认、结构模型的构建与修正、结构特征的分析与讨论等。可以说，蛋白质结构分析的全过程对于当时中国的年轻科技工作者全是未曾接触过的新课题，凭着群策群力，通力合作，终于闯过一个个难关，取得胰岛素晶体结构测定的成功。

胰岛素晶体是用分批静置法培养的，用浸泡法成功地制备了三个胰岛素同晶置换重原子衍生物，即乙基氯汞胰岛素、乙酸铅胰岛素和异丙基氯汞乙酸铅胰岛素。衍射数据是在Hilger & Watts线性衍射仪上用Cuk射线收集的。特别要指出的是，大量复杂的计算工作全是用自己编制的计算程序在当时惟一可以使用的国产109丙机上完成的，而计算结果的正确性又是用手摇计算机甚至是用计算尺一一校验的。

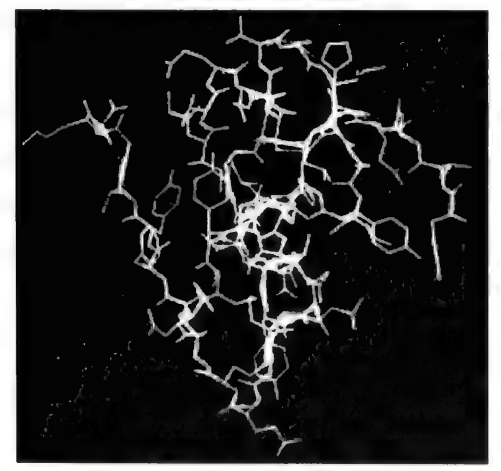
所得到的2.5Å分辨率的MIR电子密度图清晰地显示出胰岛素分子的边界和肽链的走向，几乎全部氨基酸残基的侧链均可以确定。在此阶段，同时确定了与胰岛素分子紧

密结合的60个水分子。

在三方二锌胰岛素晶胞中，两个胰岛素分子形成一个二聚体，三个二聚体又通过位于三重轴上的两个锌原子形成一个六聚体（图14. A)。一个胰岛素分子共含有三段α螺旋结构，它们是A链的A_1-A_9、$A_{12}-A_{19}$螺旋，B链的B_9-B_{19}螺旋（图14. B)。两个胰岛素分子通过C－末端的β反平行折叠构成二聚体。大多数的疏水残基集中于分子内部形成疏水内核，极性残基多分布于分子表面。这是第一次将胰岛素这个神秘的蛋白质分子真实的空间形象展示在人们面前。从而，胰岛素研究也被推进到三维结构的分子水平。



A. 胰岛素分子的六聚体



B. 胰岛素分子单体

图14 胰岛素分子的三维结构

1.8Å分辨率的结构研究是在2.5Å分辨率结果的基础上进一步改进了晶体和重原子衍生物的质量，分辨率扩展到1.8Å。高分辨率的电子密度图比2.5Å更加清晰、精细而肯定。在结构精化的基础上，发现了在一个不对称单位中的两个胰岛素分子的二级结构有较明显的不对称性，对胰岛素分子侧链分布的特征、分子构象特征以及胰岛素分子与受体分子间可能的原发作用进行了初步探讨。

2. 胰岛素三维结构与功能研究 由三段α螺旋组成的胰岛素的特征结构的不变性和由N－端和C－端伸展肽段展示的局部构象的可变性构成了胰岛素分子三维结构的特征，而正是具有这种特征的三维结构蕴藏了胰岛素分子参与生物事件的基本要素。已有越来越多的研究结果表明，胰岛素发挥生物功能的第一步是与受体的识别和结合，进而诱发一系列生物事件，导致各种生物功能的发挥。在测定了胰岛素的晶体结构之后，原参加胰岛素晶体结构测定的部分研究人员不失时机地将研究重点转入胰岛素三维结构与功能关系研究上来，并确定了两个研究方向：一是在尽可能高的分辨率上获得尽可能精确而完整的三维结构信息。二是在缺乏胰岛素受体来源的情况下，测定各种不同胰岛素类似物和突变体以及各种胰岛素复合物的结构，研究不同的残基改变与三维结构和生物活性之间的联系。这些研究工作均先后获得了有意义的结果：

(1) 1.2Å高分辨率胰岛素结构研究。在进一步改进晶体质量后，在四圆衍射仪上收集了1.2Å特高分辨率的衍射数据，精化后的结构模型提供了许多精细而准确的结构信息，包括分子内和分子之间的氢键体系，精确确定了184个水分子的坐标和水结构类型；在电子密度图上直接观察到80%的氢原子的密度，并探测到A_6-A_{11}的二硫键中硫原

子的各向异性热运动表现等，其中氢原子和各向异性热运动均为当时国际上首次报道。

(2)一系列胰岛素类似物的结构研究。包括B 链羧端去三肽胰岛素、去四肽胰岛素、去五肽胰岛素、去六肽胰岛素、去七肽胰岛素以及各种A 链和B 链修饰的胰岛素。其中B 链羧端去五肽胰岛素是胰岛素系列中第一个以单体形式测定的结构，虽然在B 链羧端去掉了五个氨基酸但仍保持相当高的生物活力，也基本保持了二锌胰岛素六体中观察到的胰岛素分子的三维结构的基本特征。B 链羧端去七肽胰岛素则基本丧失了胰岛素分子的生物活力（＜1%），但它仍然可以被结晶，并测定了结构。在大量的被修饰改造并被测得结构的胰岛素类似物和突变体中，由我国测定的结构已超过20 个。这些结构均在不同方面为探讨胰岛素结构与功能关系提供了有益的知识。

(3) 在总结已获得的各种胰岛素三维结构信息的基础上，对胰岛素分子与受体分子结合机制进行了探讨，包括提出了胰岛素分子与其受体分子结合的可能机制、分子构象的柔性和运动特征等。这些均为胰岛素研究的深入和相关的蛋白质工程及药物设计提供了可贵的结构基础。

胰岛素晶体结构是我国科学工作者独立完成的第一个蛋白质的三维结构，它使我国成为早期(20 世纪60 年代末)涉足生物大分子三维结构领域的少数国家之一。著名晶体学家、诺贝尔奖获得者 D. 霍希金 (D. Hodgkin) 教授先后几次访问中国并专程来核对比较两家实验室分别获得的研究结果，认为中国的电子密度图“质量非常好”，与北京的结果进行核对比较是“非常有价值的”，并在《自然》杂志上发表专文介绍中国的胰岛素研究，认为三方二锌胰岛素晶体结构的论文和1965 年的胰岛素全合成的论文一样是“十分出色的胰岛素论文”。

由中国科学院主持的“胰岛素晶体结构分析研究成果鉴定意见”的评价是“胰岛素晶体结构的测定是继我国在世界上第一个人工合成了蛋白质——结晶牛胰岛素后，在测定蛋白质晶体结构的研究方面赶超世界先进水平的又一较为重要的成果；这为研究胰岛素结构与功能的关系提供了新的有利条件，而且也为今后研究生物大分子空间结构打下了基础”。

胰岛素晶体结构的测定及随后开展的三维结构与功能关系的研究，获得了科学界的充分肯定和高度评价。胰岛素晶体结构协作组首先于1978 年获全国科学大会奖。随后，“猪胰岛素晶体结构测定”获国家自然科学奖二等奖 (1982)，“1.2Å 高分辨率高精度的胰岛素晶体结构研究”获中国科学院科技进步一等奖 (1986)。随后以高分辨率和去五肽胰岛素为主的研究工作又获1989 年度国家自然科学二等奖。这些奖项是对胰岛素三维结构研究的充分肯定和最好的评价，也在生物大分子晶体学和胰岛素研究史上记录下了中国科学工作者闪光的足迹。实际上，胰岛素晶体结构的测定标志着中国的蛋白质晶体学研究的正式开始，也为后来我国结构生物学研究的开展奠定了基础。

参考文献

北京胰岛素结构研究组：《中国科学》(B 辑)，(1)：3～20，1972。

北京胰岛素结构研究组：《中国科学》(B 辑)，(6)：591～609，1974。

常文瑞等：《中国科学》(B 辑)，(7)：719～728，1986。

Stuart，D.，戴金壁等：《中国科学》(B 辑)，(1)：24～31，1984。

梁栋材等：《中国科学》(B 辑)，(7)：715～723，1991。

梁栋材等:《中国科学》(B辑),(4):374~381,1991。

中国科学院:《胰岛素晶体结构分析研究成果鉴定意见》,1971。

(常文瑞)

酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成 (Total Synthesis of Yeast Alanine Transfer Ribonucleic Acid)

我国于1965年人工全合成牛胰岛素并获得与天然完全相同的结晶,这是在世界上首次人工合成蛋白质。紧接着,我国科技工作者开始讨论如何实现核酸的人工合成,因为核酸和蛋白质是生命活动的最基本物质。当人们能够自由地用人工手段合成蛋白质和核酸时,虽然离合成生命或生命的最小单位——细胞还为期甚远,但要合成病毒(包括类病毒和朊病毒)这类携带遗传信息的活性物质应该是为期不远了。

1968年中国科学院上海生物化学研究所启动并联络一些单位对"人工合成核酸"的问题展开了广泛的讨论,这些单位是:中国科学院上海细胞生物学研究所、中国科学院上海有机化学研究所、中国科学院生物物理学研究所(北京)及北京大学生物学系。其后,为了能够提供核酸合成所需原料——核苷酸,上海化学试剂二厂也加入这个行列。经过深入讨论,决定以"酵母丙氨酸转移核糖核酸"为合成对象。因此,我国的"酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工合成"科研项目是由4个研究所、1个大学和1个工厂共同参与并最终完成的。参加人数难以计算,从发表论文的署名人数统计,主要研究者有30到40人。本工作于1981年完成,共用了10多年时间。

合成对象的选择 要合成核酸,选择好合成对象是非常重要的。选择"酵母丙氨酸转移核糖核酸"(酵母$tRNA^{Ala}$)为合成对象的依据是:1. 为什么选择RNA而不是DNA?虽然人工合成DNA比合成RNA容易得多(因为DNA中没有2′-羟基,也没有或很少含有稀有成分),但当时还没有一个DNA分子的序列被测定,到1977年第一个DNA全序列才由英国Sanger(诺贝尔奖获得者)工作组完成,它是φX-174噬菌体DNA,由5 386个核苷酸排列而成。2. 为什么选择"转移核糖核酸(tRNA)"而不是其他RNA?因为tRNA分子较小,功能明确,并易于在实验室测定其生物活性;同时tRNA表现功能时与其他许多生物大分子有密切关系,为进一步开展tRNA的结构与功能研究创造有利条件。但tRNA中含有较多的稀有成分,给工作带来困难,不过与其他困难相比,这种困难还不难解决。3. 最后选择"酵母丙氨酸转移核糖核酸(酵母$tRNA^{Ala}$)"为合成对象。酵母$tRNA^{Ala}$是世界上第一个被测定全序列的RNA分子,是由美国Holley领导的工作组于1965年完成的,虽然其后该tRNA序列有两处被修正,但鉴于该工作的开创性及其意义,1968年被授予诺贝尔生理学或医学奖(与发现和破译遗传密码的两位科学家共同分享)。酵母$tRNA^{Ala}$来源于酵母,含量较高,也比较容易提取和制备。酵母$tRNA^{Ala}$能形成三叶草形的二级结构(见图15),它在丙氨酰tRNA合成酶催化下接受丙氨酸,并能携带接收的丙氨酸进入核糖体合成蛋白质。

合成战略 酵母$tRNA^{Ala}$有76核苷酸长,其中含7种9个稀有成分(见图15):m^1Gp(1-甲基Gp)、两分子Dp(二氢Up)、m^2_2Gp(2,2-二甲基Gp)、Ip(肌苷酸)、m^1Ip(1-甲基肌苷酸)、两分子ψp(假尿苷酸)、Tp(胸腺嘧啶核苷酸)。在确定了合成对象之后,根据当时的文献报道和我们的工作基础,提出的合成战略如下:1. 用化学法和化学与酶

图15　酵母丙氨酸转移核糖核酸（酵母tRNA^{Ala}）的结构图

促相结合的手段合成包括含有稀有碱基的小片段（长度为2～8个核苷酸）；2. 用T4 RNA连接酶将小片段连接成较大的片段（长度为9～19个核苷酸）；3. 用T4 RNA连接酶将较大片段连接成两个半分子；4. 最后，用T4 RNA连接酶将两个半分子连接成为整分子酵母tRNA^{Ala}。上述合成战略是在经过一段时间的工作实践后逐步完善的。我们认为，酶促合成和化学合成一样都是人工合成，T4 RNA连接酶只是一个工具酶。合成之前，我们对T4 RNA连接酶的催化性质进行了非常深入的研究，同时发现，这个酶不但可以连接普通的核苷酸，也能连接以稀有核苷酸为接头的小片段。至于如何将酵母tRNA^{Ala}的76个核苷酸分段，关键是确定两个半分子的连接位点。根据文献报道和我们的大量工作，确定接头处是反密码子IGC的G/C之间（见图15的下部），即先合成5′半分子："——IG"与3′半分子："C——"，最后在T4 RNA连接酶催化下连接成整分子："——IGC——"。两个半分子的合成战略，即片段的接头设计，是考虑了许多因素后决定的。

原料的制备　在确定的合成路线中，直接采用普通核苷酸和稀有核苷酸为原材料进行合成，而不采用在合成之后再用酶修饰的方法。在60年代末和70年代初，本工作所需原料不可能进口。4种主要核苷酸是在上海化学试剂二厂从建立设备后开始生产的。然后，在实验室制备7种稀有核苷酸或核苷，它们的制备方法见表6。

小片段的合成　通常采用磷酸二酯法或改进的磷酸二酯法合成一些2～4个核苷酸的小片段，这些片段都经过柱层析等分离手段进行纯化，并经过严格的分析鉴定。有一些片段用磷酸二酯法合成有困难，则利用一

表6　酵母丙氨酸转移核糖核酸（酵母tRNA^{Ala}）合成原料的制备

核苷酸	制备方法
Ap、Gp、Cp、Up	酶水解酵母RNA，阳离子交换树脂分离
m^1Gp（1-甲基Gp）	Gp甲基化
Dp（二氢Up）	Up催化氢化
m_2^2G（2，2-二甲基G核苷）*	由G核苷分步甲基化
Ip（肌苷酸）	Ap脱氨
m^1Ip（1-甲基肌苷酸）	Ip甲基化
ψp（假尿苷酸）	从人尿中分离出ψ，然后磷酸化
Tp（胸腺嘧啶核苷酸）	Up的5位甲基化

* 合成路线需要用m_2^2G（2，2-二甲基G核苷），而不是m_2^2Gp（2，2-二甲基Gp）。

些工具酶（不是上面所提到的T4 RNA 连接酶）辅助合成，从而得到一些3～8 个核苷酸的小片段。较大片段的合成用T4 RNA 连接酶将小片段连接成较大片段。由于T4 RNA 连接酶连接两个片段时要求一个片段带3′-羟基（OH），另一个片段带5′-磷酸（P），所以必须使要连接的两个小片段符合这个要求。如需要得到5′带磷酸的片段，可用T4多核苷酸激酶催化产生。

酵母tRNA^{Ala}两个半分子的合成 按照合成战略，首先合成两个半分子。5′半分子是1～35 序列，3′半分子是36～76 序列（见图15）。

5′半分子的合成：先合成3 个较大片段，它们是1～13 序列、14～22 序列和23～35 序列（数字代表酵母tRNA^{Ala}中的编号，见图15），然后按照T4 RNA 连接酶的催化要求，逐步连接成 5′半分子。因为天然的酵母tRNA^{Ala}的5′端是带磷酸基的，所以，最后还要用T4 多核苷酸激酶催化生成5′端磷酸化的酵母tRNA^{Ala}5′半分子。合成中的每一步产物都经过聚丙烯酰胺凝胶电泳分离纯化，最后，将它与5′磷酸化的天然3′半分子（从天然的酵母tRNA^{Ala}酶解分离得到）一起“退火”处理，使它们碱基配对，然后在T4 RNA 连接酶催化下使两个半分子连接成酵母tRNA^{Ala}的完整分子（其中一半人工，一半天然）。活性测定表明，连接产物具有接收丙氨酸并将丙氨酸转移到蛋白质中的生物活性。

3′半分子的合成：先合成3 个较大片段，它们是36～45 序列、46～57 序列和58～76 序列（数字代表酵母tRNA^{Ala}中的编号，见图15），用T4 RNA 连接酶将这三个片段逐步连接得到3′半分子。和5′半分子合成相同，每一步得到的产物都经过聚丙烯酰胺凝胶电泳分离纯化，最后，将它与天然的3′带羟基的5′半分子（从天然的酵母tRNA^{Ala}酶解分离得到）一起“退火”处理，使它们碱基配对，然后在T4 RNA 连接酶催化下使两个半分子连接成酵母tRNA^{Ala}的完整分子（其中一半天然，一半人工）。活性测定表明，连接产物具有接收丙氨酸并将丙氨酸转移到蛋白质中的生物活性。

酵母tRNA^{Ala}的人工全合成 上述得到的两个半分子——5′半分子和3′半分子，分别经过结构和活性鉴定，证明是正确的之后，将两个半分子“退火”配对处理，在适当条件下，用T4 RNA 连接酶催化连接成全合成的酵母tRNA^{Ala} 整分子。全合成实验重复进行多次，并对各种反应条件（两个半分子浓度、T4 RNA 连接酶浓度、温度、时间等）进行了反复摸索，合成产率可达50%。产物经过聚丙烯酰胺凝胶电泳分离纯化。结构分析（包括：链长、末端测定和毗邻分析）及活性鉴定（包括：接收丙氨酸的活性和将丙氨酸渗入到蛋白质的活性），都证明人工合成得到的酵母tRNA^{Ala}分子与天然的酵母tRNA^{Ala}分子完全相同。与天然分离的酵母tRNA^{Ala}整分子以及由两个天然半分子连接成的酵母tRNA^{Ala}整分子相比较，人工半合成和全合成的酵母tRNA^{Ala}携带丙氨酸渗入到蛋白质的相对活性（%）如表7：

表7 酵母tRNA^{Ala}相对活性（%）

天然的酵母tRNA^{Ala}	100	
天然5′半分子和天然3′半分子连接成的酵母tRNA^{Ala}	57	100
天然5′半分子和人工3′半分子连接成的酵母tRNA^{Ala}	60	106
人工全合成的酵母tRNA^{Ala}样品 1	52	91
人工全合成的酵母tRNA^{Ala}样品 2	60	106

结果表明，由人工5′半分子和人工3′半分子连接成的酵母$tRNA^{Ala}$(即人工全合成)，具有与天然5′半分子和天然3′半分子连接成的酵母$tRNA^{Ala}$完全相同的生物活性。需要说明的是，由两个半分子（无论天然的或人工的)连接得到的酵母$tRNA^{Ala}$的生物活性低于天然的酵母$tRNA^{Ala}$,是由于两个半分子不可能完全连接成完整分子，反应中存在的游离的半分子是没有将丙氨酸渗入到蛋白质中的生物活性的。

合成工作是在1981年完成的。结果表明，我国继1965年在世界上首次合成蛋白质——结晶牛胰岛素后，又在世界上首次合成了核酸——酵母丙氨酸转移核糖核酸（酵母$tRNA^{Ala}$)。酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成的成功，凝聚着我国科技工作者的集体智慧和严谨的科学态度。本工作的完成受到国际上的重视并给予很高的评价。本成果获得了1984年中国科学院重大科技成果一等奖、1987年国家自然科学一等奖和1991年陈嘉庚生命科学奖。

参考文献

王德宝等:《中国科学》(B辑)，(5):385～398，1983。

王德宝等:《中国科学》(B辑)，(5):409～417，1983。

申庆祥等:《中国科学》(B辑)，(5):399～409，1983。

王德宝:《化学通报》，10：8～13，1983。

Qi，G. R.（祁国荣)，Liu，W. Y.（刘望夷)，Wang，T. P.（王德宝)：Thirty years of study of ribonucleic acids，In：Tsou，C. L.（邹承鲁)：*Current Biochemical Research in China*（《中国现代生物化学研究》)，Academic Press，New York，1989。

（祁国荣）

固氮结瘤基因的结构与调控（Structure and Regulation of *Nod* Genes in Nitrogen-Fixation）

共生固氮研究的背景 生物固氮是指自然界中的一些微生物如固氮菌和根瘤菌与高等植物共生后，能在常温、常压下高效地使大气中的氮转变为植物可吸收的氨。每年生物固氮为所有生物提供的固定氮占全球总固氮量的60%。因此生物固氮机理的阐明不仅可为农业氮肥的生产提供一有效的办法，而更有应用价值的是利用固氮基因工程扩大具有固氮能力的宿主植物的范围，如使禾本科植物具有固氮能力等。正是由于生物固氮这一课题的巨大现实意义和科学价值，国际上曾几度掀起固氮研究的热潮，在过去的30多年中生物固氮研究有了飞速的进展。它已成为一个多学科的综合性研究项目，正分别在分子、细胞、个体和生态等多层次水平上，从微观到宏观开展研究。当前生物固氮研究主题主要转向共生固氮的研究，这是因为首先共生固氮的固氮效率要比自生固氮的效率高，因而更具有农业上潜在的应用价值。其次，像根瘤菌－豆科植物这样的共生关系提供了研究植物与微生物是如何相互作用的一个很好的模型，而且共生关系的研究为植物和微生物的进化也提供了一个证据。

共生固氮过程是一个非常复杂的过程，涉及结瘤和固氮两个过程：结瘤过程是共生关系建立的过程，即共生固氮微生物侵染宿主植物的根部，诱导根瘤产生，建立共生关系；而固氮过程是在根瘤这样一个低氧环境下，根瘤菌在电子传递链和一系列酶的作用下将氮还原成植物可吸收的氨。

根瘤菌与豆科植物形成共生的早期即共生关系的建立过程是有种属特异性的，即某一种属的根瘤菌只能在一定的宿主植物上结瘤，而每一种宿主植物也只能被一定的根瘤

菌所侵染。这种特异性的相互识别和作用包括了一系列的复杂而有序的低分子量的信号分子的交换。其中有两类信号分子在这种特异相互识别中起了很重要的作用：一类是豆科植物根部分泌的化合物类黄酮；另一类是根瘤菌合成并分泌的寡糖分子——结瘤因子。类黄酮是豆科植物根系自主分泌的一些三环芳香族化合物，根瘤菌正是由于对类黄酮和根部分泌的酚类化合物的趋化性而集中于植物的根部。而类黄酮则直接作用于结瘤基因调控蛋白NodD，调节其他结瘤基因的表达。而且每一种根瘤菌的NodD蛋白只有在它的专一性宿主植物分泌的类黄酮存在下才表现出最高的活性。结瘤因子是一类特殊的寡糖分子，它由3～6个N-乙酰葡萄糖胺聚合而成，由根瘤菌的结瘤基因产物负责合成并分泌到根瘤菌细胞之外。结瘤因子不仅能够诱导植物根部皮层细胞的分裂导致根毛形变，还能诱导植物结瘤素基因的表达。而结瘤因子的宿主专一性则体现在其寡糖分子结构的修饰，不同的修饰方式由专一的结瘤基因来控制。

根瘤菌与豆科植物在建立共生关系即根瘤发育成熟之后，根瘤菌转变为类菌体在根瘤中进行固氮。根瘤菌与豆科植物有许多基因参与了这一个过程，在根瘤菌方面主要是结瘤基因和固氮基因，而在豆科植物方面则是结瘤素基因。

固氮结瘤基因研究的国际与国内进展

我国在70年代协调组织的化学模拟生物固氮研究取得了很大的成就，并且现在仍然是仿生学中一个很重要的研究分支。进入80年代后，特别是分子生物学的介入，使得生物固氮的研究取得了很大的突破，主要有：鉴定了根瘤菌中与结瘤、固氮、代谢相关的基因群，并对它们的调控机制有了不少的了解；发现植物中的一些根瘤素基因参与了根瘤的发育；鉴定了根瘤菌与豆科植物之间特异识别的决定因子——结瘤因子。国内及国外关于固氮结瘤基因的结构与调控研究进展如下。

根瘤菌方面参与根瘤形成的基因现在已被大部分鉴定，称为结瘤基因。最早的结瘤基因是通过Tn5转座子插入突变方法从豌豆根瘤菌和苜蓿根瘤菌中分离得到的。在此之后，大量的不同菌属的结瘤基因通过转座子突变、功能互补分析、异源探针杂交筛选基因组文库、DNA序列比较分析等方法得以发现。根据这些结瘤基因对共生结瘤的影响，它们可分为三类：一类为结瘤所必需的基因，称为共同结瘤基因，失活这类基因将导致不能形成根瘤，但是这类基因可以在不同的根瘤菌属间相互交换，如*nodABC*；另一类为宿主专一结瘤基因，这类基因的突变不会影响根瘤的形成，但会改变根瘤菌的宿主范围，如*nodEF*、*nodPQH*等；最后一类为影响根瘤数量的结瘤基因，这类结瘤基因的失活会导致延滞结瘤或根瘤数量的变化，这类基因在不同的根瘤菌属中各不相同。20世纪，根瘤菌中大约有四十几个基因被鉴定为结瘤基因，结合遗传和生化方法对这些基因的功能做了详细的研究。其中大部分的基因参与了信号分子结瘤因子的合成。如*nodABC*基因的产物NodA、NodB、NodC负责合成结瘤因子的骨架；在各种宿主专一结瘤基因的控制下，对结瘤因子的骨架进行各种修饰，如*nodEF*控制结瘤因子非还原端的N-乙酰基取代物的脂肪烃链的不饱和化，*nodPQH*参与还原端乙酰葡萄糖胺残基的磺酰基化。而*nodD*基因是一最特殊的结瘤基因，它本身产物不直接参与结瘤过程，而是影响其他结瘤基因的表达，因此是典型的调控基因。

尽管从形态上看，结瘤是一极其复杂的过程，但其遗传上的决定基因却并不复杂，均

局限在不大的DNA区域中。豌豆根瘤菌和三叶草根瘤菌分别以不到6 kb和14 kb的共生质粒上的DNA片段就可使失去结瘤能力的菌株重新获得在豌豆和三叶草上结瘤的能力。通常结瘤基因在快生型根瘤菌中位于共生大质粒上，而在慢生型根瘤菌中则位于染色体上，两侧都是固氮基因。在共生质粒上的结瘤基因连续分布，分别属于几个操纵子，受到精确的调控。尽管各个结瘤基因的精细调控机制在不同的根瘤菌中不尽相同，但从遗传学上已经证明几乎所有的结瘤基因的表达都受到NodD蛋白和诱导分子类黄酮的调控。绝大多数结瘤基因在根瘤菌自由生长时并不表达，而*nodD*基因是一例外，它通常是组成性表达的，即在正常的生长条件下它能被转录。*nodD*基因在不同的根瘤菌中存在不同的拷贝数，它的产物NodD蛋白根据同源性比较分析被列为原核LysR转录调控蛋白家族的一员。这一家族的成员大多数是激活蛋白，它们有一些共同的特性：1. 蛋白N端都有螺旋－转折－螺旋的典型DNA结合域；2. 它们发挥激活功能时都需要小分子的诱导；3. 通常具有自身负反馈调控且其本身的转录与受其调控的基因的方向相反；4. 在它们靶DNA位点上存在共同的序列特征，称为LysR结构域。尽管*nodD*基因在根瘤菌中是组成性表达的，但它本身的表达调控在不同的菌种、不同的菌株乃至同一菌株中不同*nodD*拷贝间都不尽相同，这也反映了结瘤调控的复杂性。如豌豆根瘤菌和三叶草根瘤菌中惟一拷贝的*nodD*基因本身是负反馈调控，即*nodD*基因的产物抑制其自身的表达。莱豆根瘤菌和慢生型大豆根瘤菌的*nodD*1基因却可以在某些类黄酮的存在下刺激其本身的表达。而在苜蓿根瘤菌中有4个拷贝的*nodD*基因，其中*nodD*3与*syrM*构成正反馈回路互相调节，在某些菌株中*nolR*抑制*nodD*1和*nodD*2的表达。上海生化所利用凝胶延滞、足迹保护、体外转录以及DNA定点突变等技术研究了豌豆根瘤菌的*nodD*基因的调控，提出了一个精细的调控回路来解释其负反馈机制：含有σ70的RNA聚合酶首先转录*nodD*基因，当其产物NodD蛋白达到一定的量时，会与RNA聚合酶竞争结合*nodD*基因的启动子，阻止RNA聚合酶再度结合DNA转录*nodD*，从而达到抑制其本身表达的目的。在这一过程中，还发现一类似组蛋白的蛋白因子Px参与了*nodD*基因的调控，即在较低的浓度下能刺激*nodD*基因的转录。

诱导性的结瘤基因表达比较复杂，但它们的激活却需要三个必要条件：完整的顺式元件（nod box）、NodD蛋白和植物诱导分子。NodD蛋白与植物诱导分子相互作用后，刺激诱导性的结瘤基因的表达，构成了最基本的结瘤基因调控机制。在此基础上，还有许多其他的调控回路控制着结瘤基因的表达。比如在慢生型大豆根瘤菌中，NodV和NodW组成一个二元调控系统控制结瘤基因的表达。然而表达后的结瘤基因的及时关闭对于有效根瘤的形成也至关重要。结瘤基因过度表达产生的过量的结瘤因子，会引起植物启动防御系统来对抗结瘤因子，而导致有效根瘤不能形成。这能部分解释为什么在由根瘤菌转变为类菌体时结瘤基因被大量地抑制。因此适时关闭结瘤基因的表达与启动结瘤基因的表达一样重要。然而是什么因子启动结瘤基因的关闭，如同结瘤基因是如何被NodD蛋白与植物诱导分子刺激表达一样，到目前并不了解得很清楚。但曾观察到诱导分子类黄酮在高浓度时能够解离NodD蛋白与目标DNA的结合。在此基础上，洪国藩等提出一模型解释结瘤基因的激活机制：NodD蛋白结合DNA后，阻止RNA聚合酶

对*nodD*的转录。但结合诱导分子后，NodD蛋白发生构型变化脱离DNA或者使DNA产生构象变化，使得RNA聚合酶能够重新结合诱导基因的启动子并启动其转录。

结瘤过程为根瘤菌和豆科植物共生双方建立起共生关系之后，根瘤菌转变为类菌体，此时结瘤基因几乎都被关闭，而另外一类共生基因——固氮基因则被激活表达。根瘤菌固氮基因的研究得益于某些基因同肺炎克氏固氮杆菌固氮基因有同源性，即两者的相关基因有很高的相似性。据此将根瘤菌的固氮基因分为两类：一类是与肺炎克氏固氮菌固氮基因有同源性的基因，称为*nif*基因；另一类是与肺炎克氏固氮菌固氮基因无同源性，但为共生固氮所必需的基因，称为*fix*基因。*nif*/*fix*基因突变体能诱导形成根瘤，但是根瘤并不固氮。在快生型根瘤菌中，固氮基因与结瘤基因一样，分布在共生大质粒上。而在慢生型根瘤菌中固氮基因则位于染色体上。

大部分固氮基因均与固氮酶的合成有关。如*nifHDK*基因分别编码了固氮酶的γ亚基、α亚基、β亚基；*nifB*、*nifE*、*nifN*基因产物与固氮酶活性中心FeMoCo的合成有关；*fixABCX*基因产物可能与电子传递有关；*fixGHI*的基因产物可能与跨膜转运有关；而*fixNOQP*则编码一个电子传递链组分，该传递链能使根瘤菌在低氧条件下进行呼吸作用；而*fixLJ*、*fixK*、*nifA*则都是调控基因。

尽管固氮微生物在分类学上具有可观的多样性，但是它们的固氮基因的调控却有着惊人的一致性。大部分的固氮基因的表达是受到*ntrA*和*nifA*基因产物的调控。*ntrA*基因编码的蛋白分子量为54 kD，实质上是一类特殊的RNA聚合酶σ因子。它特异识别结合的启动子的－24/－12保守序列，与其他σ因子尤其是σ70特异识别的－35/－10保守序列完全不同。现已表明σ54在很多原核生物中都存在，而不仅仅存在于固氮微生物中。σ54因子具有三个明显的结构域：N端约有50个氨基酸，富含Gln残基而且保守性很高。这个结构域可能参与了组装RNA聚合酶全酶以及和上游激活蛋白的相互作用。C端结构域约380个氨基酸，含有两个特别保守的氨基酸元件：一个为螺旋－转角－螺旋肽段，参与了对DNA的识别过程；另一个高度保守区域是连续9个完全保守的氨基酸，这个区域富含酸性氨基酸残基，可能参与了开放复合物的形成。中间结构域氨基酸数目不定而且没有什么保守性，其功能尚不清楚。

固氮基因调控的另外一因子为NifA蛋白，它能结合其激活启动子上的高度保守的上游激活序列（UAS）。而其本身的表达却受到氧的抑制，即*nifA*的表达依赖于低浓度的氧。研究表明，*nifA*的表达受到二元调节系统FixLJ的控制。*fixL*基因产物（FixL）对大气中的氧十分敏感，它位于根瘤菌的细胞膜上。当根瘤菌处于较高氧分压环境时，FixL就使*fixJ*的基因产物（FixJ）通过去磷酸化作用而处于失活状态，此时*nifA*基因并不表达；当根瘤菌处于较低氧分压时，FixL通过磷酸化FixJ而使之被激活，而激活的FixJ再分别激活*nifA*基因及*fixK*基因的转录。*nifA*基因产物（NifA）再激活其他固氮基因。同时*fixK*基因的产物FixK既可抑制*nifA*基因的转录，又可进行自身负反馈调控。

固氮基因通过NifA介导的激活机制现在已研究得较为清楚。NifA蛋白结合在其激活启动子的上游激活序列，通过形成DNA环（loop），而与下游的含σ54的RNA聚合酶相互作用，形成转录开放复合物，启始转录。而根瘤菌中另一种蛋白因子宿主整合因子IHF

(也是原核类似组蛋白家族的一员)能结合固氮基因的启动子，造成DNA 弯折并形成环，使NifA 蛋白与RNA 聚合酶更易接触。

根瘤的发育是根瘤菌与植物相关基因群相互作用的结果，因此宿主植物的许多基因在共生固氮中发挥着重要作用。如豆血红蛋白基因，其产物与动物的血红蛋白一样起运输氧的作用，以保证固氮类菌体呼吸作用所需的氧气，同时又降低其周围的氧分压，造成有利固氮的厌氧微环境。还有其他一些根瘤素基因也是形成有效根瘤所必需的，早期根瘤素可能参与了根毛卷曲、侵染根瘤结构形成，而晚期根瘤素则参与了固氮酶活性的维护和固氮产物的代谢。

问题与展望 生物固氮研究的最终目标是要建立起温和条件下进行固氮的体系，为解决目前面临的人口、粮食、能源与环境这一总问题做出独特的贡献。而只有在了解生物固氮的机制之后，才有可能利用固氮基因工程来改造植物，使得具有固氮能力的植物宿主范围扩大。而当前最大的研究热点就是探究根瘤菌与豆科植物间为什么会存在专一性，它们的分子基础是什么，而这些问题的解决有赖于分子生物学、细胞学和遗传学的共同发展。

参考文献

洪国藩，宋鸿遇：《 固氮之光——共生固氮体系中最佳结瘤固氮控制模型的研究》，长沙：湖南科学技术出版社，85～103，1997。

(胡海亮　洪国藩)

酶的结构与功能 (Structure and Function of Enzymes)

生物催化剂包括两大类：一类其化学本质是蛋白质称为酶(Enzyme)；另一类其化学本质是核酸称为核酶(Ribozyme)。生物体的基本特征是新陈代谢。体内的所有化学反应，除少数反应外，几乎都是在酶催化下完成的，可以说没有酶就没有生命。酶的催化作用具有高效性、专一性和可调控性。自20 世纪90 年代初期以来，结构生物学已经取代分子生物学成为生物学领域内发展最为迅速的领域，而蛋白质的研究又是当前结构生物学研究的主流，结构与功能的关系的研究一直是当前结构生物学研究的核心，有人称之为结构生物学的中心法则。由于测定酶的生物学功能可以方便而精确地在体外进行，故可以定量地监测其生物学功能的变化。酶学研究领域中的核心问题是阐明酶的催化作用机制。我国的酶学研究是有基础的，例如至今仍为国际上所公认并广泛引用的酶的侧链基团化学修饰的定量处理方法——邹氏作图法(Tsou's plot)，酶在修饰试剂存在下活性不可逆改变的底物反应动力学理论和方法，以及继Koshland 诱导契合学说之后，提出的酶的活性部位柔性学说。上述重要的方法和理论是我国科学家对酶学研究领域做出的重要贡献。

酶的化学修饰的定量处理方法——邹氏作图法 蛋白质侧链基团的化学修饰多年来曾经是研究蛋白质结构与功能关系的主要方法。虽然近年来基因的定点突变技术已经为蛋白质结构与功能研究开创了一条崭新的道路，但不仅现在，而且在未来的一段时间内蛋白质侧链基团的化学修饰仍将是蛋白质结构与功能关系研究的重要方法之一。早期的化学修饰一直停留在定性的描述阶段，大量的试验数据不能进行定量的处理。直到20 世纪60 年代初，Ray-Koshland 和邹承鲁分别建立了蛋白质功能基团的化学修饰与其生物学活性之间的定量关系。Ray-Koshland 方法建立在动力学基础上，而邹承鲁的方法是建立在统计学的基础上。对于非一级反应的化

学修饰，反应速度是极快的，在动力学上难以监测反应，因而 Ray-Koshland 方法有其局限性。邹承鲁提出的基于统计学的方法避免了上述局限性，具有简便、可靠、适用性广的优点。近年来该方法在国际上已成为主要的方法而得到广泛的应用。

根据必需基团和非必需基团与试剂作用的反应速度和其他性质的不同，邹承鲁将化学修饰分为6种情况分别处理。随着化学修饰技术的发展，从应用邹氏作图法的大量的文献看，6种情况中有3种情况应用最为广泛。下例为其中的一种情况，即修饰试剂仅作用一类基团，其中必需基团与非必需基团参与修饰作用速度相等的情况。设α为活力剩余分数，x为基团的剩余分数，i为必需基团的数目，则：

$$\alpha^{1/i}= x \qquad \text{（式1）}$$

假设一系列的i（即$i = 1$，2或3，一般一个酶分子的活性部位同一类的必需基团数不大可能大于3），从$\alpha^{1/i}$对x作图，能获得直线者，其i值即为必需基团的数目。

图16为用对羟基苯甲酰甲醛修饰牛胰核糖核酸酶A时，用邹氏作图法处理的结果，表明$i = 1$时，得到了很好的线性关系，可以判断只有一个精氨酸残基是酶的必需基团。邹氏作图法为国际同行广泛使用，都得到了满意的结果。

酶活性不可逆改变的底物反应动力学理论方法　酶与抑制剂的相互作用机理的研究，对于阐明酶的催化机制具有重要的理论意义。我们知道很多药物都是酶的抑制剂，因此它又是药物筛选及药物设计的重要基础。早在1965年，邹承鲁对单底物酶的不可逆抑制动力学进行系统研究，提出了底物和抑制剂竞争的概念，不仅适用于可逆抑制动力学，也适用于不可逆抑制动力学，并且建立了定量的判断依据来区别不可逆抑制的类型。根据他所推导出的在有抑制剂存在的条件下底物反应的动力学方程，由一次实验即可得到酶活性不可逆抑制的微观动力学常数。这一动力学方法得到广泛的应用。近年来，又将这一理论推广到多底物酶的反应系统，同时这一动力学方法应用范围扩大到酶的激活、酶分子的伸展和再卷曲等过程的动力学分析，均得到了满意的结果。下面仅从单底物非络合型抑制为例，其抑制作用机制可用图17表示：

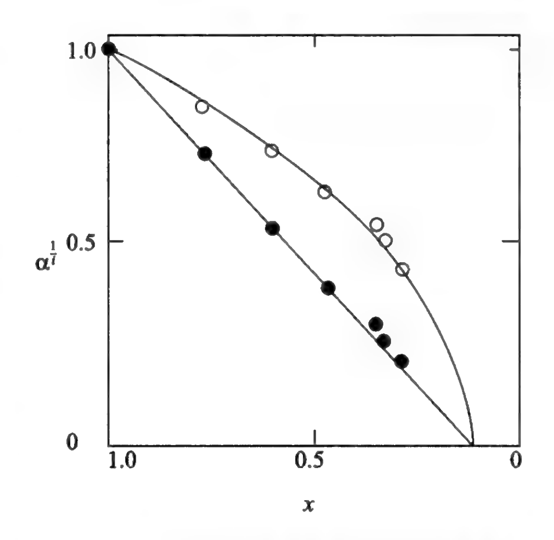


图16　用对羟基苯甲酰甲醛修饰牛胰核糖核酸酶A时，活力剩余分数α和精氨酸残基剩余分数x的关系

(●)：$i=1$；(○)：$i=2$。图中数据取自 *Anal. Biochem.* 111：220～226，1981。

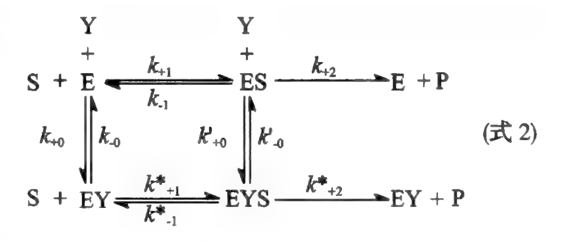


图17　单底物非络合型抑制

其中E、S、Y、ES、EY、ESY分别代表酶、底物、抑制剂（或激活剂）及其相应的复合物。在通常的实验条件下，容易满足[S] >> [E_0] 和 [Y] >> [E_0]，且一般

修饰反应的速度都远远慢于催化反应中稳态建立的速度。在此条件下，可以导出在修饰剂存在下底物反应动力学方程：

$$[P]_t = \frac{A[Y]v' + Bv}{A[Y] + B} t - \frac{(v-v')A[Y]}{(A[Y]+B)^2} e^{-(A[Y]+B)t} + \frac{(v-v')A[Y]}{(A[Y]+B)^2} \quad (式3)$$

其中 $[P]_t$ 为 t 时刻的产物浓度，v 和 v' 分别代表酶与修饰试剂结合前后的反应速度。显然，当 $v > v'$ 为抑制过程，$v < v'$ 为激活过程。如果EYS 无活性，即 $k^*_{+2}=0$（$B=0$），则式3 可简化为（见图18）：

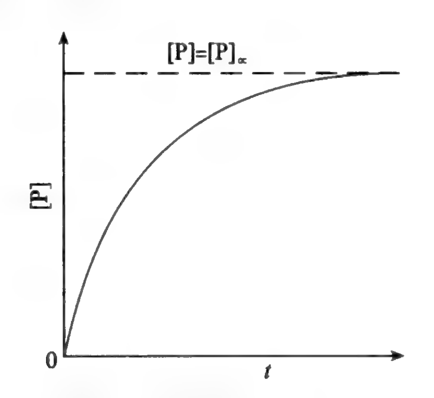


图18 底物和不可逆抑制剂同时存在的条件下产物生成的过程（渐进线表示形成产物的最终浓度）

$$[P]_t = \frac{v}{A[Y]}(1 - e^{-A[Y]t}) \quad (式4)$$

当 $t\to\infty$ 时的产物浓度 [P] 为：

$$[P]_\infty = \frac{v}{A[Y]} = \frac{V_{max}[S]}{(k_{+0}K_m + k'_{+0}[S])[Y]} \quad (式5)$$

$$A = \frac{k_{+0}K_m + k'_{+0}[S]}{K_m + [S]} \quad (式6)$$

式4、式5 两式相减并取对数：

$$\lg([P]_\infty - [P]) = \lg[P]_\infty - 0.43A[Y]t$$

因为 [Y]、最大反应速度 V_{max} 和 K_m 均为已知，由 $\lg([P]_\infty - [P])$ 对 t 作图，由斜率和截距分别可以求得 A 和 v 的值（图19）。由 $1/[P]_\infty$ 对 $1/[S]$ 作图，从斜率和截距可求得微观速度常数 k_{+0} 和 k'_{+0}。



图19 由半对数作图求表观速度常数 A

斜率 $= -0.43A[Y]$

近年来，将这一底物动力学方法扩大到多底物酶的反应体系中，使得许多过去很难处理的动力学问题，得到了很好的解决。底物反应动力学的理论和方法是酶动力学研究领域的一个新的发展。

酶的活性部位柔性的学说 酶与底物的相互作用、酶催化机理的阐明，是历来酶学领域中科学家们研究的核心问题。早在1894年德国的有机化学大师Fischer 曾提出了锁与钥匙的学说，以阐明酶与底物的相互作用。这种刚性的学说，与很多实验事实不相符合，不能解释很多现象。1958 年Koshland 提出了诱导契合学说，即底物分子与酶分子作用时，可以诱导酶分子构象变化，相互契合而进行催化反应。Koshland 的诱导契合学说至今仍然是酶学领域中被广泛接受的学说。20世纪80 年代在大量的实验事实的基础上，我国科学家邹承鲁提出了酶活性部位柔性学说，使人们对酶与底物相互作用及酶催化作用机制的认识提高到一个新的水平。

酶活性部位柔性学说的提出，首先是建立在对肌酸激酶、D-3-磷酸甘油醛脱氢酶、腺苷酸激酶、核糖核酸酶等十几种酶的失活与分子构象变化的比较研究基础上。研究发现

导致酶失活的变性剂浓度远低于酶分子去折叠所需浓度；在同一变性条件下，酶的失活速度远快于酶分子去折叠速度（图20 是肌酸激酶在不同浓度脲溶液中失活与构象变化的比较）。

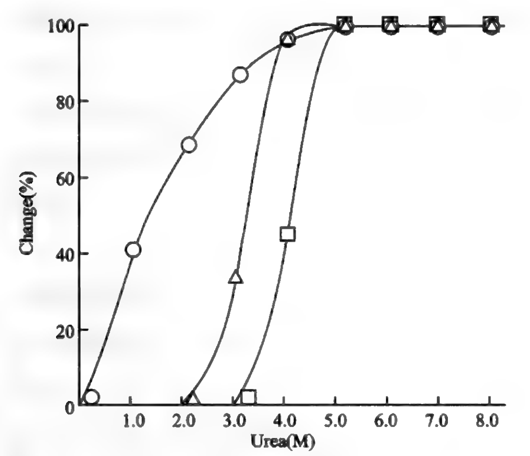


图20　肌酸激酶在不同浓度脲溶液中失活与去折叠比较（不含脲的酶在同样实验条件下是稳定的）（○）酶的残留活性（酶在脲溶液中保温24 h 后测定活性），（△）巯基暴露程度，（□）荧光最大发射峰位红移

在大量实验事实基础上，在排除了变性剂作为抑制剂起作用及寡聚酶分子解聚导致快速失活的可能性的情况下，邹承鲁首次提出了酶的活性部位柔性假说，即酶分子的活性部位位于酶分子的一个有限的部分，酶的活性部位构象与整个酶分子构象相比具有更大的柔性，而这种柔性是酶催化作用所必需的。随后，在许多酶的研究中，都观测到了这一现象。最近在肌酸激酶的活性部位引入荧光探测基团，直接地观察到了在低浓度变性剂存在下，酶的活性部位及附近的构象变化，确证了酶的快速失活是由于活性部位构象变化所致，为酶的活性部位柔性学说提供了直接证据。此后用酶解的方法也直接观察到了酶活性部位构象变化的直接证据。随后，国内外许多实验室也进行了类似的研究，在各种酶的研究中得到了类似的结论。酶的活性部位柔性学说是建立在大量可靠的实验事实基础上，同时又得到大量实验事实的验证。该学说已经并将对酶学研究及蛋白质折叠研究产生深远影响，是继Koshland 提出酶的诱导契合学说之后，酶学领域中又一个重要的学说之一。

参考文献

Tsou, C. L. (邹承鲁): *Sci. Sin.*, 11: 1 535～1 558, 1962。

Tsou, C. L. (邹承鲁): *Adv. Enzymol. Relat. Areas Mol. Biol.*, 61: 381～436, 1988。

Tsou, C. L. (邹承鲁): *Trends Biochem. Sci.*, 11: 427～429, 1986。

Tsou, C. L. (邹承鲁): *Science*, 262: 380～381, 1993。

Zhou, H. M. (周海梦), Zhang, X. H., Yin, Y., and Tsou, C. L. (邹承鲁): *Biochem. J.*, 291: 103～107, 1993。

（周海梦）

乙型肝炎病毒基因的克隆与表达

(Cloning and Expression of HBV Genome)

乙型肝炎病毒（HBV）是一种经血液传染的病毒，可导致肝炎和肝癌。乙型肝炎是为害最为广泛和严重的传染病，据统计全世界有2 亿以上的慢性携带者，其中，我国有1 亿以上。

1968 年，Blumberg 检出了病人血中的乙肝表面抗原，称为“澳大利亚抗原”。1970 年D. S. Dane 利用电子显微镜检出了病人血中的传染性病毒颗粒(Dane 氏颗粒)，根据乙肝表面抗原的免疫学特征分为：adw、adr、ayw、ayr 四种主要血清型。但当时对于病毒的基因组一无所知。

1979 年P. Tiollais 得到了ayw 亚型全DNA 克隆，同年，K. Murray 和 P. J. Hofschneider 得到了adw 的克隆，W. S.

Robinson 和S. N. Cohen 也得到了adw 的克隆，打开了HBV 基因研究的新领域。

中国流行的HBV 以adr 亚型为主。1980年中国科学院上海生物化学所李载平实验室开始了adr 亚型HBV DNA 的全克隆，1982年得到一批全克隆，1983 发表于《中国科学》。同年，日本Ono. 等发表了adr 亚型HBV 基因组的克隆和测序。两种adr 的长度有所不同(3 215 bp/3 188 bp)，后者在Precore 基因的ATG 前后区段有27 bp 的缺失。

可以认为，中国adr 亚型HBV 基因组的克隆是国际上第一个完整的adr HBV 基因组的克隆和测序，也是中国第一个病毒基因组的克隆和第一个DNA 序列的报道，是我国基因分子生物学研究的重要的一步。

HBV 基因组DNA 虽然只有3.2 kb，但是在当时的技术条件下，要进行克隆，首先需收集纯化、足够量的adr 亚型病毒颗粒。为此，周翊钟等做了大量工作，检测收集了26个adr 携带者血液的病毒；吴祥甫等抽提了病毒DNA。原拟用ayw 和adw 亚型DNA 克隆中使用的Eco RI 单酶切位点，后发现这些adr 亚型DNA 中不存在Eco RI 位点，宝贵的病毒DNA 样品又不容作广泛探索。幸好找到了Bam HI 切点，它在ayw 和adw HBV DNA 皆为三切点，而在我们的adr 中为单一切口的克隆位点。实验筛选得到158 个pADR 克隆。吴祥甫、冯宗铭等对不同克隆做了大量酶切图谱分析，发现adr 亚型中HBV 基因组存在着多态性，发现了HBV DNA 中的Hind III 切口。过去人们以为HBV DNA 中不存在Hind III 切点，故在研究肝脏中整合的HBV DNA 时，总以Hind III 切出的片段作为全HBV DNA 整合片段。在158 株Bam HI 切点克隆的pADR 和12 株Hind III 切点克隆的adr 亚型HBV DNA 中发现了6 种酶(Ava I、Bgl I、Bgl II、Hinc II、Hind III 和Hpa I) 的7 个变异点。这是HBV 基因组变异株的前期研究。甘人宝等用化学法完成了pADR-1 全基因组3 215 bp 的全序列测定；钱苏雯等用自己设计的软件完成了测序片段的连接。为了争取时间，冯宗铭、朱绳祖、吴雪等花了大量精力制备了优质的各种限制性内切酶以及DNA 连接酶等；刘定干等纯化了化学测序的试剂，创造条件使得当时的基因克隆和DNA 测序的工作得以进行。1986 年中国医学科学院琦祖和等报道了HBV adr NC-1 株的3 195 bp 的全序列分析结果。

此后，为了制备基因工程疫苗，汪垣等用痘苗病毒系统中的我国的天坛痘苗株表达我国的adr 亚型乙肝表面抗原(HBsAg)取得成功，并与北京生物制品研究所和中国生物制品药品所合作，用原代鸡胚细胞表达的乙肝疫苗取得临床试验的良好保护效价，并取得药证。沈绿萍等则在酵母系统中得到adr 亚型乙肝表面抗原的高表达。预防医学科学院病毒所任贵方等则用CHO 细胞表达系统表达adw 亚型乙肝表面抗原，并取得了临床试验的良好保护效价和药证。这些工作成为80 年代中国基因工程实用性研究的主要课题之一。90 年代俞贤明、李光地等用抗原决定簇组建表达的带preS1 和带preS2 的乙肝表面抗原，可能成为新一代的高效价的乙肝疫苗。中国军事医学科学院马贤凯等在大肠杆菌中高效表达了乙肝核心抗原HBcAg，并成功地用于诊断检测。

80 年代末，为了深入了解HBV 基因组的表达调控，中国科学院上海生化研究所开始了HBV 表达调控机制和新元件的研究。汪垣等检测出HBV 基因表达的重要调控元件增强子II(ENII)，它位于HBV 前基因组RNA 转录的起始区，启动子Cp 的5′端，它是HBV 基因表达和复制相关的一个极为重要的元件，这是国际上三个实验室的同时、但独立

的发现。王维新等发现转录因子HNF-1是ENII工作所必需的；李嵋等用酵母单杂交法发现了新的ENII转录因子hBIF，它是属于核受体超家族FTZ-F1亚家族中的一个新成员。hBIF与增强子ENII的B1区特异结合，并与HNF-1协同，强烈地启动Cp启动子的表达。

90年代，闻玉梅实验组则对HBV基因组中的变异位点与致病性的关系进行了大量研究。

参考文献

吴祥甫等：《中国科学》（B辑），(2)：162～167，1983。

甘人宝等：《生物化学与生物物理学报》，16(3)：316～319，1984。

Wang，Y. et al.：*J. Virol.*，64 (8)；3 977～3 981，1990。

Wen，Y. M.，Xu，Z. Y.，Melinck，J. L. (eds.)：*Viral Hepatitis in China：Problems and Control Strategies*，Basel：Karger Press，1992。

（李载平）

肌肉及肌肉蛋白质（Muscle and Muscle Proteins）

早在100多年前，生物学家，特别是生理学家就已注意到肌肉收缩的现象，并为自然界的“能量转化”模型所倾倒，动物的肌肉如何能将化学能转化为机械能？肌肉为什么能够收缩？它的结构基础是什么？是什么化学组成成分在起作用？这些问题吸引了无数的杰出的生物学家、生理学家和生化学家在漫长的一个多世纪中孜孜不倦地研究。现在有些问题已经阐明，有些问题仍然在研究之中，同时人们发现肌肉的研究不仅是一个专一的命题，而且和其他细胞的运动有很大共同之处。

W. Kuhne是肌肉收缩生物化学研究的先驱，早在20世纪20年代，他就用青蛙肌肉作为材料，用高盐溶液予以研磨，抽提出黏稠的物质，他认定此凝结物是肌肉中起收缩作用的物质，并称之为肌球蛋白（Myosin）。现在我们知道Kuhne获得的所谓肌球蛋白，实际上是一种肌动球蛋白的体系。真正分离获得纯的肌球蛋白是30年代末期，由匈牙利著名科学家A. Szent-Gyorgy完成；此后，前苏联科学家Angerdhand以发现肌球蛋白具有ATP酶活力而载入史册。当然A. Szent-Gyorgy及其同事们所确立的肌球蛋白—ATP体系应是分子生物学的首创成就，而他本人所著的《肌肉收缩的化学》(1951)，即使是在战后的日本，在粮食和其他方面相当匮乏的情况下，此书仍被大量进口，并倾倒了大批学术界人士，在世界范围内引导了大批科学家进入肌肉和肌肉收缩的研究领域。50年代初期，中国科学家曹天钦在英国以尿素等变性剂鉴定出分子量为16 000的小分子，尽管当时还不能明确这就是肌球蛋白的轻链，但肌球蛋白的多亚基结构研究已成为近半个世纪的重大研究课题。50年代中期，基于电子显微镜微观研究而提出的骨骼肌滑动学说，使肌肉收缩的机制在结构上得到阐明。大约在十年后，日本科学家江桥节郎最终发现了肌肉中极为重要的调控蛋白——肌钙蛋白，并在60年代创立了肌肉收缩的钙离子学说，从而使肌肉收缩的机制在分子基础上得到解决。时至今日，有关平滑肌及心肌收缩的机制，无论从结构到分子生物学，尽管有了骨骼肌肌肉的基础，而且大量优秀的科学家开始从骨骼肌的研究转向平滑肌，但仍然不够幸运，至今尚有很多问题未能解决。尽管在肌肉化学及收缩领域工作的中国科学家为数不多，但他们在20世纪下半个世纪中，曾经做出过贡献。

原 肌 球 蛋 白　原 肌 球 蛋 白

(tropomyosin) 是 1946 年英国科学家 K. Bailey 发现和命名的。当时曹天钦正在Bailey实验室从事博士生的研究，他和Bailey 共同署名发表了“原肌球蛋白的大小、形状和聚合”的论文。1952 年曹天钦回国，中国科学院上海生物化学研究所即把原肌球蛋白作为他们的主要研究对象之一。到1966 年，在原肌球蛋白的研究方面共发表论文20 余篇，主要研究集中在两个方面：(1) 原肌球蛋白的比较研究，从大量不同的生物材料，如牛、兔、鼠、鸽、蛇、蟾蜍、鱼类、青蟹等横纹肌及牛子宫、鸭肫等平滑肌以及猪心心肌中分离得到各种来源的原肌球蛋白，并对它们的物理化学性质、电泳行为、氨基酸组成、N 端与C 端的末端分析以及免疫特性做了系统的研究。(2) 原肌球蛋白的分子特性的研究，这些研究包括分子的稳定性、分子的化学修饰以及分子的聚合及在不同溶剂中的构型变化。1961 年中科院上海生物化学研究所从日本进口了中国第一台高分辨电镜。1963～1965 年曹天钦、龚祖埙等发表了原肌球蛋白亚晶体结构的显微镜观察，这一研究成果受到国际学术界的高度评价。原肌球蛋白的研究，由于“文化大革命”而中断。而在此后不久，国际上原肌球蛋白在骨骼肌肌肉收缩中的调控功能被阐明。原肌球蛋白虽然在平滑肌中广泛存在，但在平滑肌收缩中，原肌球蛋白起什么作用，至今仍不清楚。

副肌球蛋白　副肌球蛋白(paramyosin)是平滑肌中存在的一种专一性蛋白，它不存在于一般平滑肌中，而存在于具有紧张性收缩的肌肉中，如软体动物的闭壳肌中。中国科学院上海生理研究所陈明、范世藩等在蜜蜂飞翔肌中也发现了含副肌球蛋白的粗丝。目前已经清楚，原肌球蛋白、副肌球蛋白、肌球蛋白是三种分子结构上和功能上完全不同的肌肉蛋白质。但由于当时取名的误导（认为原肌球蛋白、副肌球蛋白是肌球蛋白的一个组成成分或至少与肌球蛋白有关)，曹天钦等进行了原肌球蛋白和副肌球蛋白的一系列分子特性及其晶体之间的比较研究。60 年代后，副肌球蛋白的研究成为中国科学家在肌肉研究领域中的主要对象。其主要贡献为：(1)系统地研究了副肌球蛋白的分子特性，并首次提出副肌球蛋白分子的分子量应为120 kD，而过去文献中报道的102 kD 的α-副肌球蛋白则是在抽提过程中的酶解结果；谭若颖等也证明副肌球蛋白是一种可以在体外被磷酸化的蛋白质，其磷酸化位点是丝氨酸。(2) 由于副肌球蛋白大量存在于具有保留性收缩特性的肌肉内，因此一般认为副肌球蛋白与保留性收缩有关。但谭若颖等在鲍鱼，邹永水等在文昌鱼脊索，陈明等在蜜蜂飞翔肌和螯虾腹屈肌中均观察到或分离到副肌球蛋白。这些肌肉和组织，其收缩的生理功能无保留性收缩特性，因此副肌球蛋白除与保留性收缩有关外，可能还有其他的生理功能。

肌球蛋白　肌球蛋白是肌肉中最主要的成分，在骨骼肌中其重量可占整个肌肉的60%。肌球蛋白组成肌肉的粗丝，在肌肉收缩中起重要的作用。肌球蛋白的研究是近数十年来世界各实验室研究的热点，曹天钦在英国留学期间曾对肌球蛋白分子结构的研究方面做出重大贡献。国际上对骨骼肌肌球蛋白的分子结构、聚合状态、生理功能等研究取得极大进展。90 年代初，陈明等对鸭肫平滑肌肌球蛋白的提纯及其与ATP 酶活性之间关系，谭若颖等对河虾闭壳肌肌球蛋白B的磷酸化与ATP 酶活性之间关系进行了研究，黄人健等对人心肌肌球蛋白轻链I 的基因克隆、序列分析以及表达产物与肌球蛋白重链和肌动蛋白的结合进行了比较系统的研究。

肌动蛋白　肌动蛋白组成骨骼肌肌肉

的细丝，在肌肉收缩中也起重要的作用。肌动蛋白不仅在骨骼肌、平滑肌、心肌中存在，而且在动物和植物的各种细胞中普遍存在，在构成细胞骨架和细胞分裂以及细胞运动中起重要作用。肌动蛋白的另一特点是它的保守性极强，从各种动物的肌肉中分离到的肌动蛋白，其氨基酸序列保守性均在95%以上。阎龙飞等对植物细胞中的肌动蛋白进行了一系列的研究。周国瑛等报道了20 kD钙结合蛋白引起G-肌动蛋白向F-肌动蛋白的转化的研究结果。

肌肉中的其他收缩蛋白质的研究 骨骼肌肌小节含有A带和I带，在A带中央的H区存在有M带。关于M带的显微结构电镜观察指出，在M带上存在着M桥结构，这种M桥把每根粗丝与相邻的六根细丝相连，但其化学组成尚未完全了解。沈若谦等报道了在横纹肌M带上存在一种分子量为190 kD的蛋白质，还从乌骨鸡的横纹肌的Z盘制剂纯化了一种240 kD蛋白质。但这些高分子量的蛋白质的生理功能至今尚未阐明。

保留性肌肉中的钙结合蛋白 肌肉收缩受肌肉钙离子调控。肌钙蛋白是横纹肌中的一种钙结合蛋白，与钙离子组成肌肉收缩的调控体系，但平滑肌中是否存在肌钙蛋白至今仍然是一个有争论的问题。沈骊等从河虾闭壳肌中分离到一种分子量为20 kD的钙结合蛋白，此钙结合蛋白可能与闭壳肌的保留性收缩有关。

参考文献

曹天钦，龚祖埙，邹永水，张友尚，彭加木：《生物化学与生物物理学报》，3(2)：206～211，1963。

邹永水，龚祖埙：《生物化学与生物物理学报》，10 (4)：375～380，1978。

谭若颖，龚祖埙，曹天钦：《生物化学与生物物理学报》，20 (4)：395～400，1988。

Gong Z. X.（龚祖埙）and Shen，L.：*Biomed. Res.*，9 (Supp. 2)：147，1988。

钱芳，陈明：《生物化学与生物物理学报》，25 (6)：631～637，1993。

黄人健，彭宝珍，周国瑛，龚祖埙：《生物化学与生物物理学报》，32 (2)：158～162，2000。

（龚祖埙）

天花粉蛋白 (Trichosanthin)

天花粉蛋白是从中药天花粉（*Trichosanthes kirilowii* Maxim，Cucurbitaceae）中提取的植物蛋白。它是我国独创的计划生育和治疗宫外孕、葡萄胎、恶性葡萄胎等良药。1989年美国又发现天花粉蛋白能抑制HIV的复制和繁殖，并有用于治疗艾滋病的报道。

中草药天花粉在古代医书中早有记载，最早见于2 000多年前的秦汉，在东汉、南朝、唐、宋、明等时期对其性状和药效等都有详细的叙述。明代伟大医药学家李时珍所著的《本草纲目》中，将天花粉的主要功效归纳为"通月水"和治"胞衣不下"。在湖北、江苏民间将天花粉与牙皂、细辛、狼毒等配伍作为外用流产药，效果显著，但副反应剧烈。武汉、南京等地科研和医务人员筛选成二味天花粉和牙皂，简称天皂合剂或天牙散，制成胶囊作为外用引产药。

1966年中国科学院上海有机化学研究所科研人员对天皂合剂分别进行了分离纯化，证明天皂合剂中有效成分为天花粉。通过各种分离纯化方法和药理试验，证明天花粉中其有效成分为蛋白质，并发现在巴比妥缓冲液中能够结晶，得到结晶天花粉蛋白。经科研和医务人员深入研究，把结晶天花粉蛋白制成单味天花粉针剂，把复方变成单方，外用变成注射剂，大大提高了用药安全性，降低了副反应。

天花粉蛋白由19种氨基酸组成：Asx（28个）、Thr（16个）、Ser（26个）、Glx（20个）、Pro（8个）、Gly（11个）、Ala（28个）、Val（15个）、Met（4个）、Ile（19个）、Leu（25个）、Tyr（13个）、Phe（9个）、Lys（10个）、His（1个）、Arg（13个）、Trp（1个），不含半胱氨酸，其N－端为Asp，C－端不均一为Ala和Met。pI为9.4，分子量为27 141，不含糖和磷，是一个单链碱性简单蛋白质。从一级结构测定可知，天花粉蛋白含有247（246）个氨基酸残基，247个氨基酸残基仅在其C－端多一个Met。

中国科学院福建物质结构研究所、生物物理研究所和上海有机化学研究所潘克桢、董贻诚、夏宗芗等开展了天花粉蛋白的三维结构研究，于20世纪80年代初测定了天花粉蛋白单斜晶系晶体的低分辨率三维结构和肽链走向。在含247个氨基酸残基的一级结构的基础上，单斜晶系和正交晶系的中分辨率和高分辨率三维结构也已经完成。天花粉蛋白分子由两个结构域组成，含8段α螺旋和13条β链。这些α螺旋相对集中在蛋白分子的中央，由13条β链所构成的4个β折叠层则分布在蛋白分子的表面，这是天花粉蛋白分子三维结构的显著特点。

中国科学院上海细胞生物学研究所王应天、熊用周等和上海国际和平妇幼保健院杨秉炎等，从胎盘病理切片；怀孕鼠、兔、狗、猴等动物试验；体外胎盘滋养层细胞培养；天花粉蛋白对蛋白质生物合成的抑制试验，如天花粉蛋白对冬眠中华蟾蜍卵母细胞在成熟过程中蛋白质合成的影响和天花粉蛋白对兔网织红细胞裂解液体外翻译体系蛋白质合成的作用等进行研究。从整体、细胞、分子水平阐明了天花粉蛋白的引产机理是专一性破坏胎盘滋养层细胞，并通过用胶体金方法证明天花粉蛋白是以受体介导内吞方式进入滋养层细胞。

1991年，中国科学院上海生物化学研究所刘望夷等证明，天花粉蛋白是一个单链核糖体失活蛋白，属RNA N－糖苷酶型。它能专一水解28S rRNA第4 324位腺苷酸的N－C糖苷键，释放出一个腺嘌呤碱基，使核糖体失活。

为了深入研究天花粉蛋白作为RNA N－糖苷酶的活性中心结构、分子识别和催化机理，上海有机化学研究所夏宗芗等测定了天花粉蛋白与一系列底物类似物的复合物的三维结构，其中天花粉蛋白与辅酶Ⅱ（NADPH）的复合物是迄今国内外测定的RNA N－糖苷酶与底物类似物的复合物中惟一未发生酶反应的高分辨率结构，因而给出了活性中心的详细的结构信息：辅酶Ⅱ的腺嘌呤核苷酸部分位于活性中心凹槽中。腺嘌呤环夹在Tyr_{70}和Tyr_{111}两个侧链苯环之间，腺嘌呤核苷与Arg_{163}和Glu_{160}的侧链形成氢键，因而这四个氨基酸残基是天花粉蛋白最重要的活性部位。此外，在这个复合物中，首次发现了一个可以合理地解释为参与水解N－C糖苷键的水分子。在对天花粉蛋白及其一系列复合物的三维结构进行比较的基础上，探讨了RNA N－糖苷酶的催化机理：第一步是在带正电荷的Arg_{163}侧链的诱导下，腺嘌呤环带有部分正电荷而削弱了N－C糖苷键，并被带负电荷的Glu_{160}所稳定，同时一个水分子进入活性中心，与N－C糖苷键预结合；第二步，水分子对N－C糖苷键的带有部分正电荷的C_1'发生亲核进攻，使N－C糖苷键断裂；第三步，水分子的羟基与C_1'结合，取代糖环，同时水分子的一个氢原子与N^9结合，腺嘌呤脱下。在这过程中，Tyr_{70}的侧链旋转约70°，使产物腺嘌呤稳定地结合在活性中心凹槽中。

香港和美国又发现天花粉蛋白具有使超

螺旋DNA解旋并断裂为缺口环状和线状DNA的活性，即天花粉蛋白具有依赖超螺旋结构的核酸内切酶活性。

天花粉蛋白在免疫方面的研究也十分活跃，中国科学院上海细胞生物学研究所叶敏等，上海第二医科大学、上海市免疫研究所马宝骊、周光炎等，先后制备了16株和22株分泌抗天花粉蛋白特异性单克隆抗体的杂交瘤细胞系，对天花粉蛋白的抗原决定簇做了深入系统的研究。抗天花粉蛋白IgE可能识别两个抗原决定簇：一个不连续的抗原决定簇由两个肽片段$Ile_{201}-Glu_{210}$以及$Ile_{225}-Asp_{229}$组成；一个连续的抗原决定簇在$Lys_{173}-Thr_{178}$之间。

中国科学院上海有机化学研究所陈海宝等和上海细胞生物学研究所聂慧玲等利用基因工程和蛋白质工程的方法，合成了天花粉蛋白的基因，并在大肠杆菌中得到了高表达，获得了与天然天花粉蛋白有相同活力的产物。聂慧玲等制备了一系列天花粉蛋白突变体蛋白，部分结果已申请了专利。

天花粉蛋白具有多种生物活性和酶活性，能治疗多种疾病，这在国内外是罕见的。天花粉蛋白的引产活性、抗病毒活性与RNA N－糖苷酶等酶的活性到底有什么关系还有待于深入研究。

天花粉蛋白的工作是用现代科学技术来研究、提高祖国医药遗产，把中草药的研究提高到一个崭新水平。它是我国第一个完全由自己系统地发现、分离、纯化，测定其一级结构、二级结构、三维结构，并在药理学、病理学、免疫学、基因工程、蛋白质工程、结构与功能、作用机理、临床应用等全面深入研究的重要成果。

参考文献

汪猷主编，金善炜副主编：《天花粉蛋白》（第二版），北京：科学出版社，2000。

金善炜，孙孝先，汪绍福等：《化学学报》，39：917～925，1981。

汪猷，顾梓伟，叶国杰等：《化学学报》，51：1 023～1 029，1993。

Xia，Z. X.（夏宗芗）et al.：*Chin. J. Chem.*，11：280，1993。

高奔等：《中国科学》（B辑），23：272，1993。

Zhou，K. J.（周康靖）et al.：*Proteins：Struct. Funct. & Genet.*，19：4，1994。

Xiong，J. P.（熊建平）et al.：*Nat. Struct. Biol.*，1：695，1994。

Gu，Y. J.（顾亦君）et al.：*Proteins：Struct. Funct. & Genet.*，39：37，2000。

陈海宝，夏懿，蒋昆等：中国专利，申请号93112 436.0，公开号CN 1084 889 A，1994。

袁惠东，柯一保，孔梅等：《生物化学和生物物理进展》，30：311～313，1998。

（金善炜　夏宗芗）

生物物理学

（Biophysics）

生物物理学是物理学和生物学相结合而产生的一门交叉学科，它研究生命物质的物理性质、生命过程的物理（及物理化学）规律以及物理因素对生命系统的作用机制。

应用物理学的原理与技术方法研究生命现象早在17世纪就已经开始。但是把生物物理学作为一门学科比较系统地加以发展则是20世纪后半叶的事。这是由于20世纪物理学无论在理论和实验技术方面都取得了突破性的进展的缘故。一方面，50年代X射线晶体结构分析对核酸和蛋白质结构研究取得的成就，促成了分子生物学的诞生，并极大地推动了生命科学的各个领域都向分子水平深入发展，使分子生物学成为20世纪自然科学领域中最重大的成就之一。另一方面，应用生

物信息论与生物控制论、非平衡态热力学以及复杂性等研究则从宏观角度对生命现象进行探讨,成为宏观生物物理学发展的基础。这两方面的结合使生物物理学以崭新的面貌出现在生命科学的行列中,在促进生命科学定量化、现代化方面发挥了重要作用。

生物物理学在20 世纪的迅速发展主要表现在各国生物物理学会的建立及高等学校专业的建设。例如国际生物物理学联合会(International Union for Pure and Applied Biophysics,简称为IUPAB)成立于1961 年,美国生物物理学会成立于1956 年,日本生物物理学会成立于1963 年等。与此同时,各国在高等学校中陆续成立了独立的生物物理学系,专门培养从事该学科的科研与教学人才。也有很多学校把生物物理学科和相关的其他学科结合起来,例如生理与生物物理系,生物化学与生物物理系,辐射生物与生物物理系等。

由于生物物理学本身尚处于发展的初期,加上参与人员与条件及认识方面的差异,各单位从事的研究领域就有所不同,很难对本学科的理论体系及其所包含的范围做出确切的、众所公认的回答。但对生物大分子、生物膜与细胞在分子水平上研究其结构与功能,以及在不同水平对一个体系应用数学、物理学理论对物质输运、信息传递与能量转换进行研究,以及针对上述研究设计、制作专门的仪器技术,则有较一致的看法。除学科的基本理论研究之外,和医学、药学及农业等问题密切联系也是从事本学科研究者的共同愿望,核磁成像、辐射防护、自由基在疾病防治中的作用、光合作用、药物的可控释放以及神经信号传导、退行性疾病的研究等都是本学科感兴趣的研究课题。

我国生物物理学的发展　我国生物物理学研究机构最早于1956 年由中国科学院开始筹备,1958 年正式成立了中国科学院生物物理研究所。贝时璋教授是第一任所长,是我国生物物理学的奠基人。在成立之初,以放射生物学、宇宙生物学、理论生物物理学以及仪器技术的研制作为主要发展内容。与此同时,在中国科学技术大学建立了相应的生物物理系,专门培养本科生。在当时的形势下,许多学校迅速成立了生物物理专业或教研室,如北京大学、复旦大学、中国医学科学院、北京医学院、上海医学院、北京农业大学等。因此从时间上看,我国开始发展生物物理学还是比较早的,和国际上几乎同步。遗憾的是这种大跃进式的发展对当时的实际条件,特别是人才和设备的困难估计不足,在思想认识上对这门新兴学科的看法也存在分歧,因而在三年困难时期大部分调整下马,全国保留专业的仅有中国科技大学、北京大学、复旦大学、北京医学院四所学校。这种状况到十年动乱时期更进一步转入低潮。改革开放以后,和国际进行了多方面的交流,发现我国已与国外先进国家有了很大差距。在国家大力支持下,派出很多学者访问或进修,参加国际学术交流,引进先进设备,调整专业和研究方向。在清华大学和南开大学等还建立了物理基础较强的生物物理系或专业。1980 年,全国生物物理学会成立,学会下设11 个专业委员会,即分子生物物理、膜与细胞生物物理、感官与神经生物物理、生物信息论与生物控制论、理论生物物理、光生物物理、环境与辐射生物物理、生物流变学、生物物理仪器与技术、自由基生物学以及挂靠在本学会中的生物数学。贝时璋教授当选为第一届理事长。1982 年我国正式参加了国际生物物理学联合会,1985 年创刊了《生物物理学报》。1985 年起又和日本共同举办了中日双边生物物理学术会议,每三年轮流在两国举行。1994 年起又进一步扩大为东

亚地区的生物物理学术会议。改革开放之风为学科发展创造了一个良好的条件，学术活动有较大的发展，学术论文在千篇以上，成为建立学科以来最为兴盛的一个时期。但其后学科发展又遇到了一些新问题，如人员老化、人才断层等。

总体来看，我国在本学科的发展上走过的道路是曲折而坎坷的，和国际发达国家有相当大的差距。但在若干领域中仍然做出过一些较好的成就，并为我国发展该学科奠定了一定的基础。

我国生物物理学的主要成就

1. **分子生物物理**　分子生物物理是本学科中最基本、最重要的一个领域，它包括对大分子及其复合物的空间结构与功能关系的研究，动力学的研究，分子相互作用，分子识别与分子折叠的研究等。近年来已经逐步成为“结构生物学”这一新学科的核心内容。

我国早在60年代就已经对X射线衍射晶体结构分析给予了足够的重视。在这一方面最值得提出的是对牛胰岛素的人工合成及其晶体结构的测定。这项工作由中国科学院上海生物化学所等四个研究所和北京大学共同协作完成，当时在国际上处于领先地位；而以中国科学院生物物理所梁栋材、林政炯等为主的小组对胰岛素晶体结构的测定则是我国第一次测定的生物对象，为我国晶体结构研究奠定了良好的基础。梁栋材等还对胰岛素类似物的单晶培养及其晶体结构，高分辨率、高精度的胰岛素、去五肽胰岛素的晶体结构以及对保持高活力的A1D与低活力的A1L进行研究。林政炯还对江浙蝮蛇磷脂酶的三维结构与功能进行了研究。此外，生物物理所还和福建物质结构研究所、上海有机所等合作研究了天花粉蛋白的分离和空间结构，取得了很好的成绩。中国医学科学院鲍光宏等完成了156个新的天然中草药有效成分的X射线衍射晶体结构的研究。目前，我国几个研究所以及北京大学等高等学校已把晶体结构的研究逐步扩大到核糖体失活蛋白、酶、毒素蛋白、藻红蛋白、血红蛋白、神经毒素、抗真菌蛋白等的研究。

分子生物物理中另一个重要成就是以生物物理所邹承鲁为首，包括王志珍、王志新、周筠梅在内的小组，对酶活性部位柔性、蛋白质功能基团的修饰及酶活性不可逆改变的动力学、蛋白质二硫键异构酶及二硫键在蛋白质结构中的作用进行了深入的研究，在国际上具有一定的影响。此外，他们在胰岛素A、B链之间的相互作用及其与重组胰岛素的关系、胰岛素分子正确结构的形成等方面都做了出色的工作。邹承鲁与周海梦等还对肌酸激酶的结构与功能做了卓有成效的研究。

除此以外，用多维核磁共振研究溶液中生物大分子的结构也已有一定的开展，例如北京大学顾孝诚等对虎纹捕鸟蛛凝集素-1(SHL-1)、多粘菌素B等用2D-NMR的研究，中国科技大学施蕴渝等对α-淀粉酶抑制剂的结构分析等。虽然目前还主要限于分子量较小的肽类，但说明了我国已开始具备了这方面的研究条件。用电镜二维晶体三维重构的方法研究结构也是一个重要方向，例如清华大学隋森芳等对兔C-反应蛋白二维晶体的研究。赵南明和蒲慕明合作，对蛋白质去污剂复合物的结构用小角X散射进行研究。这些都为我国开展空间结构的研究奠定了一定的基础。

2. **膜与细胞生物物理**　关于生物膜的研究，既涉及细胞学、生物化学，也和生物物理密切相关。因此从1981年起由这三个学会联合举办的三年一次的生物膜学术讨论会，对这一领域的发展起到了很好的推动作用。

在膜脂结构及其分子动力学研究方面，一般认为生物膜主要成分——磷脂在水化时形成脂双层。1981年北京医科大学林克椿发现心磷脂和其他磷脂的混合物双相体系在加入Ca^{2+}后可以形成柱状及螺旋状脂质体。说明螺旋结构是一种普遍存在的结构形式。该项工作被1982年《自然》杂志采用，并刊于该期封面。中国科学院理论物理研究所欧阳宗灿从胆甾相液晶弹性理论对形成螺旋的可能性进行了较深入的分析。从70年代开始，国际上对于脂的多型性进行了许多研究，我国不少学者也在这方面做了许多工作。例如中国科学院生物物理研究所杨福愉等证明非双层脂结构倾向性对线粒体H^+-ATP酶等的构象与活性以及对脱血红素细胞色素c的跨人工膜转运均有影响。黄芬、陈建文对山莨菪碱影响膜脂的排列做了系统研究，发现山莨菪碱能诱导磷脂酰乙醇胺（PE）呈非双层结构，山莨菪碱或阿托品还能诱导二棕榈酰磷脂酰甘油呈交叉结构，后者对膜蛋白有负调节作用。林克椿、苏雅娴等用扫描隧道显微镜（STM）观察了非双层结构及其混合体系的两种不同相及其界面，使这一技术成为能直接观察非双层结构的一种新的手段。他们还用STM观察了活细胞膜及配体与膜受体的相互作用及其诱发的非双层结构。

关于膜脂与膜蛋白的相互作用方面，杨福愉、黄有国等发现Mg^{2+}对重组ATP酶（F_0F_1-ATPase）的脂酶体，可通过影响膜脂物理状态而调节酶活性。林治焕、李生广等又进一步证明F_1的构象变化也能传递至F_0。杨福愉、黄有国等又研究了跨膜Ca^{2+}梯度通过影响膜脂物理状态调节膜蛋白的功能，获得了有意义的成果。林克椿、聂松青等对多肽、蛋白质与脂膜的相互作用做过不少工作，包括牛胰多肽对细胞的保护作用机理，HIV-1融合肽在病毒感染时插膜的状态，以及细胞骨架系统中α-辅肌动蛋白与膜脂结合的条件、区段以及与肌动蛋白交联的情况，为α-辅肌动蛋白的结构与功能关系提供了新资料。复旦大学李庆国等对菌紫质C末端的质子释放、紫膜表面电位、从嗜盐菌提取的质子泵的行为等做过许多工作。张志鸿在红细胞膜及其对物质转运方面做过系统工作，包括pCMBS对阴离子输运的影响、II型糖尿病人葡萄糖输运的异常等等。北京医科大学程时用激光Raman谱研究了红细胞膜的流动性。中国科学院上海细胞生物学研究所顾国彦等用荧光漂白恢复技术在细胞水平研究了林蛙受精卵在卵裂前卵表面凝集素受体的运动，获得了较理想的结果。清华大学隋森芳等应用多种技术如表面等离子激光共振吸收谱、平面膜圆二色谱、显微荧光膜天平等研究蜂毒、大肠杆菌素（Colicin）E1的插膜以及对兔C-反应蛋白与磷酸胆碱基团、亲和素与生物素基团在膜表面结合特性方面都做了较深入的研究，取得了较优异的成果。赵南明还和蒲慕明合作，提出了细胞膜蛋白（或受体）的DMT理论及原位电泳理论。

在生物膜能量转换方面，中国科学院上海植物生理研究所沈允钢等对叶绿体两个光系统之间激发能的分配调节进行了研究，发现除捕光色素蛋白的转移外，光系统I向基粒类囊体中的光系统Ⅱ靠近而发生激发能“满溢”的过程也是起作用的。中国科学院植物所匡廷云等发现21 kD蛋白是光系统I长波荧光发射的来源，证明捕光叶绿素蛋白复合体在类囊体膜上横向迁移调节激发能在两个光系统之间均衡分配的规律。

中国科学院动物研究所刘树森等对线粒体质子漏与电子漏的相互作用进行了有新意的探索，认为线粒体电子漏产生的超氧阴离子自由基会引起质子漏的增加，导致质子泵活性和能量转换效率的下降。

我国学者在研究细胞与膜生物物理中经常与实际问题联系起来，这是一个比较突出的特点。例如，黄芬等对猪肺炎支原体膜的研究，中国医学科学院潘华珍、张之南等对阵发性睡眠性血红蛋白尿症的研究，林克椿等对矽肺机理及柠檬酸铝具有对抗作用的研究，樊景禹对经络传感与细胞联结之间的关系研究。杨福愉等研究了大骨节病与克山病中微量元素硒的作用，并提出了“克山病是一种心肌线粒体病”的观点。中国科学院上海生化所林其谁等创制的硬脂胺/二软脂酰磷脂酰乙醇胺（SA）脂质体，用于真核细胞基因转移有明显优点，在医药学方面具有应用前景。赵南明等与中国农业科学院协作，用超声法将外源基因导入了小麦幼穗。

在生物膜研究中，我国学者还建立了一些新的技术方法，例如赵南明等运用磁圆二色谱、表面圆二色谱及全内反射傅里叶红外光谱（FTIR-ATR）、准弹性光散射等技术研究生物膜，取得了很好的效果。

3. 理论生物物理　我国理论生物物理研究始于70年代。中国科学院上海生化所徐京华首先研究了生物分子的手性和生命起源中的对称性破缺，并将非平衡态热力学、非线性物理学、耗散结构和混沌理论等引入生物学研究。进入90年代后，他又集中研究了脑电波的非线性特征分析。从80年代起，我国的理论生物物理研究有了较大发展。中国科技大学施蕴渝在蛋白质分子动力学和随机动力学方法的发展上做了大量工作；中国科学院上海药物研究所陈凯先将量子化学的定量计算方法用于药物分子设计；中国科学院生物物理所王志新长期从事蛋白质二级结构预测；天津大学张春霆等建立和发展的一套几何学的方法广泛应用于生物大分子的结构研究。他们四位在各自的研究方向上都做出了突出的成绩。在生物大分子空间结构方面，北京大学来鲁华在发展综合的蛋白质结构预测方法和构建二级结构数据库方面、中国科学院生物物理研究所陈润生在发展神经网络方面、上海生化研究所丁达夫在序列及结构联配方面、清华大学孙之荣在蛋白超二级结构研究方面都做了优秀的工作。

与此同时，DNA序列信息的研究也起步较早。从80年代开始，内蒙古大学罗辽复小组、中国科学院生物物理研究所陈润生小组、天津大学张春霆小组先后开展了DNA序列信息分析的研究。其中罗辽复发展了信息论的方法，陈润生发展了密码学的方法，张春霆发展了几何学方法，都取得了很好的成果。自从国际上人类基因组计划开始后，陈润生小组又转入了基因信息学的研究，做出了有国际影响的工作，并在1996年10月在日本召开的第15届国际科学技术数据委员会（CODATA）大会上应邀发表题为“从DNA序列数据到蛋白质三级结构”的演讲，并获得生物领域的“小香正雄”奖。80年代以来丁达夫、军事医学科学院吴家金、于槐等在DNA序列信息分析和DNA序列数据库领域做了大量工作。90年代中期以后，由于人类基因组研究的巨大进展，生物信息学的相关研究有了更大发展。我国很多领域的知名专家都关心并投入这一领域的研究，如中国科学院物理研究所郝柏林小组、清华大学李衍达小组等。我国理论生物物理学无论是研究基础、研究人才还是设备条件都已具备了较好的基础。

4. 神经生物物理、生物控制论与生物信息论　我国在感官与神经生物物理方面，对视觉研究较多，在生物控制论与生物信息论方面，也比较注重研究感觉与神经网络及信息传递，因此将这两部分结合在一起叙述。

中国科学院生物物理研究所郭爱克等对复眼光感觉的生物物理机制和视觉运动感知

的神经计算机原理进行了探讨。汪云九对视觉信息加工提出了广义Gabor函数模型。刁云程研究了大脑两侧联系在双眼视觉中的作用。王书荣研究非哺乳动物视觉信息加工的回路，以及在细胞与分子基础上研究中脑峡核与离中核团在视觉过程中的作用。沈钧贤则对鑫斯听觉神经元的结构与功能进行了研究。上述项目都取得了较好结果，使生物物理研究所成为我国神经（特别是感官）生物物理研究比较集中的一个单位。复旦大学寿天德关于视觉方位和方向敏感性及图形适应的皮层下机制，对流行30多年的传统学术见解做了修正。

中国科学院上海生理研究所孙复川对瞳孔系统及眼动特性的研究，对于过去存在的瞳孔系统是线性系统还是非线性系统的争论给出了比较明确的回答，即在不同初始状态下将具有不同的性质。复旦大学顾凡及则对感觉（包括听觉和视觉）的信息处理模型进行了探讨，对脑电系统的复杂性进行了分析。北京医科大学赵似兰进行了视觉系统和脑的信息处理及提取的建模和仿真研究。她根据失语病人的大量CT图，用二维重建得出不同类型失语病人有不同损伤部位的结论。此外对系列化前庭功能检查的计算机处理和评定系统的研究也取得了较好的结果。中国科学院自动化研究所黄秉宪则先研究了自适应的血压控制系统，以后长期致力于大脑学习记忆和系统建模与仿真工作，对了解学习记忆的信息处理过程有一定帮助。

清华大学谢佐平对神经肌肉突触形成的初始事件、神经肌肉的相互作用以及神经肌肉突触处介质释放的研究等方面进行了长期较为系统的工作，取得了很好的成绩。北京医科大学吴本玠等在脑缺血继发性神经元损伤及其保护方面做了不少工作。中日友好医院陈惟昌等用磁共振、激光Raman谱等多种技术，研究了大鼠局灶性脑梗塞及其动态性变化。

5. 生物物理技术　在生物物理学研究中，仪器技术的发展具有特殊重要的地位。为此，中国科学院生物物理研究所建立之初就专门设立了仪器技术这一小组。配合当时放射性自然本底的研究工作及在全国设立监测站点的任务，自行研制了β放射性微尘连续监测仪、弱β连续监测仪等。以江丕栋、林波海、蒋汉英、胡匡祜等为主的这一小组，还试制成功了一些当时不易从国外进口的一些大型仪器，如荧光分光光度计、自动液体闪烁仪、超速离心机、显微分光光度计、流式细胞光度计、生物医学图像分析应用软件系统等，和北京理工大学合作研制了智能型多功能电场诱导细胞融合仪，和中国科学院高能物理研究所合作研制了快中子治癌装置等。沈洵等在研究工作中还自行研制了微秒级闪光光介装置与生物超微弱发光装置。复旦大学张志鸿等研制了“超声心动仪”。上海医科大学梁子钧、施永德等研制了多种测定血液流变的仪器并应用于临床。中国科学院电镜中心研制了扫描隧道显微镜。

应该指出，上述仪器技术的研制成功，在各项研究工作或实践中都曾得到应用。但由于我国在仪器制造方面工艺较落后，加上科学仪器的研制与生产单位之间的关系还不够顺畅，应用受到一定限制。通过研制，仍然积累了一定的经验，培养了一批人才。和其他学科比较，这一部分仍是生物物理学发展中重要的一环。

6. 生物物理学的其他领域　由于生物物理学包括的面较广，以下将对其他领域做一简要介绍。

在生物流变学方面，上海医科大学以梁子钧为首的一批研究工作者，在临床血液流变学方面做过很多工作。70年代末开始，以

吴云鹏为首的重庆大学生物工程学院主要开展肝胆流变学和血液流变学研究，90年代初至今主要开展细胞力学和组织工程研究，获国家自然科学奖和成果奖。近年来中国科学院力学研究所陶祖莱、龙勉等主要从事组织工程和细胞力学研究，重点是细胞表面相互作用和细胞粘附分子的力学理论与实验研究。北京大学医学部文宗跃与张宗毅等多年从事微观血液流变学基础与临床，包括血细胞发育阶段生物流变学基础与分子生物学基础、缺铁性贫血病、白血病、糖尿病及老年痴呆症的研究。华西医科大学陈隗卿、中日友好医院的庄逢源在白细胞与内皮细胞相互作用的血液流变机理方面进行了较深入的探讨，取得了不少成果。中国中医研究院廖福龙多年来采用药理学和血液流变学方法研究活血化淤中药和抗血栓药，取得了较突出的成绩。西苑医院翁维良等也在活血化淤治疗心脑血管疾病的临床血液流变学研究中多次获奖，取得了较为突出的成绩。

在光生物物理方面，中国科学院感光研究所蒋丽金和生物物理研究所程龙生、乐加昌等对我国首先发现的光敏化剂竹红菌素(包括甲素和乙素)及其衍生物的光动力学作用以及其在临床治疗中应用的可能性进行了广泛的研究。浙江大学钱凯先等用具有特殊结构的C60研究小鼠肉瘤的光动力学作用有一定的新意。中国医学科学院李昆等也对我国扬州血卟啉激光治癌作用和国内外同类制剂进行了对比，认为其有特色。复旦大学程极济等对紫膜分子内及紫膜蛋白与离子通道物质间的能量转移，以及有取向紫膜薄层光电位及其与光强度的关系等做了探讨。中国科学院生物物理研究所胡坤生等对菌紫质光循环中间体M_{412}和质子泵的影响、水在菌紫质光循环和质子泵中的作用、紫膜中菌紫质的取向、菌紫质光循环后半程的动力学过程和构象变化等做过系统性的工作，取得了较多成果。我国在超微弱发光方面也有几个单位开展了研究。

在自由基生物学方面，中国科学院生物物理研究所忻文娟、赵保路等用电子自旋共振捕集技术研究了正常人与恶性淋巴瘤病人多型核白细胞受促癌剂PMA刺激产生氧自由基的分子机理。他们研究了许多不同结构与构型的五味子素和许多天然抗氧化剂对PMN呼吸暴发产生的氧自由基的清除作用和对膜蛋白巯基的保护作用。兰州大学郑荣梁等也对细胞癌变的自由基机理及抗癌途径、马先蒿甙素苷的抗癌作用及机理、癌细胞正常化及其分子机理等进行了一系列卓有成效的研究。医科院吴元德等对吸烟对人健康的危害，从细胞、亚细胞及分子不同水平上对损伤细胞的机理以及抗氧化剂的可能预防机理进行了探讨。北京大学茹炳根和程时分别对金属硫蛋白及其抗氧化作用进行了研究。军事医学科学院孙存普等对引起+Gz鼠脑损伤的自由基机制及天然抗氧化剂的防护作用和人牙釉质自由基含量与辐射剂量的关系进行了研究。方允中等在NO与氧自由基反应特性方面做了许多有意义的工作，并用分子轨道法分析生物体系中的NO与自由基，为生物医学工作者提供了易于接受的理论解释。

目前，在美国以Standford大学为代表的几所世界著名大学又掀起了把生物医学和物理学，化学和工程技术相结合的跨学科生命科学研究规划，即所谓“Bio－X”计划；并以结构基因组学、单分子技术与纳米技术在生物学中的应用、神经生物学等作为主攻方向，提出了物理学将能在21世纪再次引起“革命”的观点。相信今后生物物理学将有越来越宽广的用武之地。

参考文献

国家自然科学基金会编:《生物物理学》,北京:科学出版社,1995。

甘子钊等主编:《生命科学中的物理学》,北京:北京大学出版社,1996。

国家自然科学基金会生命科学部与中国科学院上海文献中心编:《我国自然科学的前沿问题》,上海:科技出版社,1994。

(林克椿)

生物膜的研究 (Studies on Biomembrane)

我国生物膜研究始于50 年代,主要集中于能量转化膜的研究。

在线粒体膜电子传递与氧化磷酸化方面,中国科学院上海生化研究所王应睐、邹承鲁、汪静英等用正丁醇从心肌制剂中成功抽提并纯化了与线粒体内膜结合的琥珀酸脱氢酶,并发现其辅基FAD 与酶蛋白以共价结合。60 年代,中国科学院上海生化研究所伍钦荣、林其谁发现亚线粒体制剂中与琥珀酸氧化耦联的NAD^+还原是由于琥珀酸氧化过程中电子倒流的结果。此外,他们还纯化了一种不具有ATP 酶活性的耦联因子。中国科学院生物物理研究所杨福愉、林治焕等发现经电离辐射整体照射后的小鼠肝线粒体氧化磷酸化受损伤后能恢复的现象,他们还发现金属螯合剂EDTA 引起膨胀线粒体的收缩依赖于电子传递。中国科学院动物所刘树森等对飞蝇飞翔肌线粒体的超微结构与氧化磷酸化做了细致的研究。

中国科学院上海植物生理所沈允钢等在60 年代研究光合磷酸化机理时,测得光合电子传递与光合磷酸化耦联有中间物的存在。这一中间物后来被证明即为获得诺贝尔化学奖的Mitchel 于1961 年提出的化学渗透学说中的跨膜质子梯度。

生物膜研究停顿了一段时期后,1978 年中国科学院派遣杨福愉、顾国彦、刘树森、林世青、林其谁、王玉英组成的生物膜小组赴联邦德国考察。1981 年在中科院生物局的支持与倡议下,中国生物物理学会、中国生化学会和中国细胞生物学学会联合举办三年一次的全国生物膜学术讨论会。这两项措施对推动我国生物膜研究具有重要的作用。从80 年代开始,我国生物膜研究有了明显的进展,在生物膜结构与功能方面都开展了大量工作,取得了一批重要成果。

膜脂—膜蛋白相互作用 中国科学院生物物理研究所杨福愉、黄有国等将线粒体的ATP 酶(即F_0F_1-ATP 酶)分离纯化并重组于脂质体,发现Mg^{2+}对重组该酶的活性具有关键作用,提出Mg^{2+}能通过影响膜脂物理状态进而调节该酶嵌于膜脂中的疏水部分(F_0)的构象与活性。后者的变化通过微区—微区相互作用会传至亲水部分F_1,从而影响该酶的活性。这为二价金属离子通过改变膜脂物理状态调节膜蛋白(酶)的构象与活性提供了一个清晰的模型。林治焕、李生广又进而证明F_1的构象变化也能传递至F_0。接着,杨福愉、黄有国等又研究跨膜Ca^{2+}梯度通过影响膜脂物理状态来调节膜蛋白(例如,肌浆网膜、质膜Ca^{2+}-ATP 酶、β-肾上腺素受体、腺苷酸环化酶等)的功能也获得了有意义的成果。黄芬、陈建文对山莨菪碱影响膜脂的排列做了系统的研究,他们发现山莨菪碱能诱导磷脂酰乙醇胺(PE)呈非双层结构,山莨菪碱或阿托品还能诱导DPPG 呈交叉结构,后者对膜蛋白有负调节影响。杨福愉等的工作表明非双层脂结构倾向性对线粒体H^+-ATP 酶等的构象与活性以及对脱血红素细胞色素c 的跨人工膜转运均有明显影响。北京医科大学林克椿等对多肽、蛋白质与膜脂的作用做了不少工作,研究了细胞骨架系统的辅肌动蛋白(Actinin)与膜脂结合

的条件、区段以及与肌动蛋白（Actin）交联的情况，为辅肌动蛋白的结构与功能关系提供了新的资料，林克椿对螺旋脂质体也做了细致的观察与研究，获得了创新成果。清华大学隋森芳等应用一些膜界面分析技术，如表面等离子激光共振吸收谱、平面膜圆二色谱、显微荧光膜天平等研究蜂毒、大肠杆菌素E1（Colicin E1）的插膜以及对兔C-反应蛋白与磷酸胆碱基团、亲和素与生物素基团在膜表面结合特性都做了较深入的研究，获得较优异的成果。

杨福愉等在大骨节病、克山病研究过程中对微量元素硒影响膜脂—膜蛋白相互作用方面也做了探索，一般认为硒的生理功能是通过含硒酶——谷胱甘肽过氧化物酶来体现的，他们发现硒对红细胞膜骨架还有直接的稳定作用。

中国科学院上海细胞生物学研究所顾国彦等在细胞水平研究膜脂—膜蛋白相互作用，应用荧光漂白恢复技术研究林蛙受精卵卵裂前卵表面的运动，获得较理想的结果。

能量转换膜的研究　邹承鲁、何燕生等报道了琥珀酸细胞色素c还原酶制剂中用琥珀酸作底物，细胞色素b的还原呈现了三相过程，即初相快速还原，接着氧化，最终慢还原。林其谁等对线粒体甘油-3-磷酸脱氢酶、胆碱脱氢酶的纯化、性质、反应动力学以及在脂质体上的重组进行了系统研究，获得较好的结果，对线粒体氧化磷酸化解耦联蛋白也做了深入的研究，获得创新的结果。刘树森等将大鼠肝线粒体、大肠杆菌质膜的H^+-ATP酶的F_1亚单位分别与它们的去F_1的F_0亚单位进行“杂交”重组仍能恢复酶的活力。植物生理所李淑俊等将经过超声处理的菠菜叶绿体残缺膜与线粒体嵴膜进行重组，发现重组的膜能恢复光合磷酸化的活性。刘树森等还对线粒体质子漏与电子漏的相互作用进行了有意义的探索，认为线粒体电子漏产生的超氧阴离子自由基会引起质子漏增加，导致质子泵活性和能量转换效率下降。

中国科学院植物研究所汤佩松、匡廷云、戴云玲等研究并阐明了不同类型植物光合膜上色素蛋白复合体种类和组成的多样性以及其结构与功能受内、外因素调控的规律。

沈允钢等研究叶绿体两个光系统之间激发能的分配调节；他们认为除了捕光色素蛋白的转移外，光系统I向基粒类囊体中的光系统II靠近而发生激发能“满溢”的过程也是起作用的。

匡廷云等发现21 kD蛋白是光系统I长波荧光发射的来源，证明捕光叶绿素蛋白复合体在类囊体膜上横向迁移调节激发能在两个光系统之间均衡分配的规律。

生物膜研究结合农、医实际　在农业方面，黄芬等在对猪肺炎支原体膜上的糖蛋白研究中，发现一个28 kD的糖蛋白直接与致病性有关，证明28 kD糖蛋白末端糖基是猪致病支原体感染受体细胞所必要的。清华大学赵南明等与中国农业科学院协作，用超声法将外源基因导入小麦幼穗。在医药方面，中国医学科学院基础医学所潘华珍、张之南等研究阵发性睡眠性血红蛋白尿症（PNH），发现此病患者红细胞膜易受氧化损伤，提出PNH溶血的主要原因。杨福愉等在参加克山病综合考察的基础上提出“克山病是一种心肌线粒体病”的观点。林其谁等创制的硬脂胺/二软脂酰磷脂酰乙醇胺脂质体，用于真核细胞基因转移有明显优点，在医药方面有应用前景。

此外，清华大学赵南明等建立了多种研究生物膜的生物物理方法，如磁圆二色谱、表面圆二色谱及全内反射傅里叶红外光谱（FTIR-ATR）、准弹性光散射等，并运用于研究中，取得了很好的效果。

参考文献

杨福愉，黄芬：《膜脂—膜蛋白相互作用及其在医学和农业上的应用》，山东：科学技术出版社，1996。

林其谁：《生物膜的结构与功能》，北京：科学出版社，1982。

Liu，S. S.（刘树森）：Generating，Partitioning，Targeting and Functioning of Superoxide in Mitochondria（Review），*Bioscience Reports*，17（3）：259～272，1997。

（杨福愉）

神经生物学

（Neurobiology）

我国的神经生物学发展，经历了初创（1920～1937）、战争中断（抗战及解放前，即1937～1949）、恢复及全面规划（1949～1966）、低潮（1966～1978，包括文化大革命时期）、全面发展（1978 年全国科学大会后）等五个阶段。在这五个阶段里都有各自时代的特征。

一、初创：第一批留学生回国，现代神经生物学建立及兴起

20 世纪20 年代前，我国很少有真正意义的神经生物学研究。20～30 年代神经生物学领域内第一批选派到英国、美国、日本、德国留学的年轻人，带回了西方神经科学的种子，在中国大地上开始发芽和成长。当时的工作主要是神经解剖学与神经生理学，主要集中在协和医学院与中央研究院心理研究所两个单位。

1. 协和医学院生理系：林可胜（1897～1969）留学英国，师从Sharpey-Schafer，回国后成为北京协和医学院(PUMC)第一任由国人担任的系主任。在他的领导下，当时的PUMC 的生理系是国际上有影响的研究单位之一，有几项神经方面的研究是具有国际水平的。张锡钧从英国Dale 的实验室回来，带来了他与Gaddum 所创建的用蛙腹直肌检测乙酰胆碱的生物测定方法，证明在刺激迷走神经向中端所引起的垂体后叶分泌中，有乙酰胆碱（ACh）的参与。这是ACh 参与中枢传递的最早报道之一，参加此项工作的还有吕运明等人。林可胜研究小组还系统地探测了猫延髓与血压调节有关的中枢，第一篇文章发表于1936 年，至1939 年又发表了6 篇文章。他们发现并命名了加压区与减压区。这是血压中枢调节的里程碑性的工作，几乎在40～70 年代的所有国际生理权威性教科书中都会提及这一工作。粟宗华、王嘉祥、林可胜等人在向延髓给以微量乙酰胆碱的过程中，创造了通过正电流排出带正电荷的乙酰胆碱的方法，这是微电泳技术原理的最早发明与最早应用。

冯德培（1907～1995）是蔡翘20 年代在上海复旦大学的学生，由蔡翘推荐给林可胜到协和工作。他后来通过中英庚款留学英国，师从诺贝尔奖得主A. V. Hill。他发现的肌肉被动拉长时的产热反应被人称为Feng 氏效应。冯德培获博士学位后于1934 年回国，仍在协和医学院生理系工作。在那里，他独立开创了神经肌肉接头的研究，从1936 年到1941 年在《中国生理学杂志》上连续发表了26 篇系列论文。在这些论文中，他观察到：高频刺激神经时在神经肌肉接头引起相似于Wedensky 抑制的现象，并发现神经末梢周围出现局部挛缩；Ca^{2+}对神经肌肉接头具有“去箭毒化”作用；首次报道了以不同频率的强直刺激神经后，神经肌肉接头传递的易化及强直后增强（PTP）。PTP 被广泛地认为是1973 年发现的长时程增强（LTP）的原型，因此具有很大的重要性。冯德培于1939 年用细胞外记录法记录到终极电位，他是世界上记

录终极电位最早的科学家之一。总的说来，冯德培的开创性工作对于神经生理的发展具有历史性意义。

2. 中央研究院心理研究所：汪敬熙（1893～1968）是美国约翰·霍布金斯大学 Adolf Meyer 和C. P. Richter 的学生，在那里获博士学位。他回国后于1927 年在广州中山大学创设了中国最早的电生理实验室。1934 年他受蔡元培先生之聘，担任中央研究院心理研究所所长，在南京、上海建立了实验室。他领导鲁子惠等开展的皮肤电反应的研究，在国际上是领先的。皮肤电反应，早先被称为心理电反射，汪敬熙等的工作证明，它其实就是一种汗腺的分泌反应，是自主性神经反射的一部分。以后他的工作证明了脑内有5 个兴奋中枢与5 个抑制中枢，最后于1964 年出版了《发汗的神经控制》一书。他们还用一种示波器记录了光线刺激兔眼睛时，外膝体等部位的诱发电位，这也是国际上最早的中枢诱发电位记录之一。汪敬熙还聘请了朱鹤年、卢于道等开展了神经组织学及神经生理学的研究。朱鹤年（1906～1993）是C. J. Herrick 的学生。在他的硕士论文中最早描述了美洲袋鼠下丘脑视上核可能有分泌功能的事实，这是哺乳类神经细胞具有分泌功能的最早描述。由于朱鹤年的论文未发表在 Herrick 所主办的《比较神经学杂志》（*Journal of Comparative Neurology*）上，而是回国后发表在中央研究院集刊上，所以这一发现未被大多数西方学者所引用，这不能不说是一件憾事。卢于道（1906～1985）也是Herrick 的学生，回国后领导了我国神经解剖学的研究，他对中国人的大脑皮层结构进行系统的观测研究，约10 篇之多的论文发表在中央研究院心理研究所专刊上。卢于道曾极力反对欧洲一些神经学家的一些论点，这种论点认为中国人脑的结构劣于西方人。朱鹤年与卢于道合作，用当时刚刚发展的脑立体定位仪，以电刺激麻醉动物脑的方法，证明刺激猫中脑可引起一个呻吟或怒叫（groaning）反应。Herrick 还为中国培养了另一位神经解剖学家臧玉佺（1901～1964）。臧玉佺从1934 年到1950 年对大鼠视皮层和外膝体的结构与功能进行了较为系统的研究，发表了近20 篇论文。他还进行了学习与记忆的“迷宫”实验。他领导了北京医学院的神经解剖学工作。

3. 其他：蔡翘（1897～1990）20 世纪20 年代在美国师从C. J. Herrick。他的论文首次描述了中脑黑质内侧的网状结构，这一脑区以后被人命名为腹侧被盖区（蔡）。半个世纪之后，人们发现了它的重要性，因为由此区所发出的含多巴胺的投射，是调节高等动物认知、情感的重要神经成分。蔡翘在英国学者诺贝尔奖得主Adrain 实验室工作时，还发表了蛙足趾传入神经放电的原始性工作。可能正是由于蔡翘在神经生物学方面的深厚功底与学术渊源，他在中断神经研究半个世纪之后，还在军事医学科学院指导成立了以研究神经可塑性为重点的基础医学研究所。欧阳翥（1898～1954）是德国柏林Oskar Vogt 的学生，Vogt 是大脑皮层构筑学的先驱。欧阳翥接受这个传统，回国后在中央大学建立了神经解剖学实验室，进行了中国人脑与欧洲人脑形态的比较研究。但由于他在50 年代过早地非正常死亡，工作停止发展。陶烈（1900～1930）曾在日本学习，对丘脑中百余个神经核的神经细胞进行了分类和定量研究。他同时已注意到神经胶质细胞的重要性。他因咽部蜂窝组织炎而英年早逝。侯宗濂在30 年代初曾做过时间强度曲线的研究，这导致了他以后关于时值的研究。

二、中断：抗日战争和国内战争迫使研究工作中断

抗日战争爆发，全部研究院所和高等院校被迫内迁，全国处于战火纷飞、颠沛流离、生命无保障的苦难日子，遑论科学研究工作。但即便如此，仍有几项有意义的事件及工作值得一提。从抗战开始到太平洋战争爆发之前，协和医学院的神经生物学工作仍在困难中继续。1941 年，日本与美国宣战，协和医学院的工作宣告中断。张香桐（1907～　）是南京中央研究院心理研究所的科研人员。抗战开始，心理所内迁，张香桐负责押运研究所的公物仪器。但他仍不断从事科研观察，并把自己的材料整理成文，陆续在美国的《比较神经学杂志》发表。1943 年他赴美国深造，于1946 年在Yale 大学取得博士学位，后来又在Yale、约翰·霍布金斯、洛克菲勒等大学工作。1947～1956 年间，他担任了美国《脑研究杂志》的编委。在此期间，他发表了一系列具有重要影响的学术论文。主要有以下几个方面：①用电刺激锥体引起逆行电位的方法证明锥体束在皮层的起源不限于运动区；②利用仔细分离的肌肉的收缩反应，证明了运动皮层局部刺激引起的是不同肌肉的收缩，从而纠正了运动模式包含成群肌肉的观点；③发现背景光可以提高中枢神经系统的兴奋性，这一现象被人称为“张氏反应”；④把直接电刺激大脑皮层引起的电位命名为树突电位，他是国际上最早以电生理学方法研究树突功能的学者，因而应是这项研究的奠基人；⑤发现大脑皮层与丘脑之间的循回路线对梭形波的产生起关键作用；⑥确定了支配肌肉的神经纤维的类别；⑦发现视网膜向中枢的传导由不同传导速度的神经纤维负责等。50 年代他已是公认的国际神经生理学的权威学者之一。

抗战期间，转到湘雅医学院任生理系主任的朱鹤年发表了刺激狗大脑皮层乙状回引起血压变化的论文。

抗战胜利后，林可胜担任中央研究院医学研究所筹备处主任，冯德培为副主任。但在1945～1949 这几年的日子里，由于内战，科学工作谈不上有何开展。但当时确曾派了一些人去美国进修、留学，为以后的科学发展准备了骨干。

三、恢复及全面规划：全国解放后，1949～1966 年

1949 年全国解放，政局稳定，为科学工作带来发展与恢复的良好条件。1956 年的科学12 年规划又使得全国的神经生物学研究有了更加合理发展的条件与布局。从1949 年到文化大革命前十多年间，特别是其前期，神经生物学科学事业呈现欣欣向荣的局面。解放后，国家适时地组建了中国科学院。中国科学院上海生理研究所是我国神经生物学研究的中心，其他科研院所和高等院校的有关单位也积极开展了工作。

1. 中国科学院上海生理研究所的工作：解放后，原中央研究院医学研究所筹备处正式更名为中国科学院上海生理生化研究所，冯德培任所长。1956 年生理研究所与生化研究所成为两个单独的所，生理研究所以研究神经生理为其重点。经过冯德培所长的积极策划及布局，生理研究所的神经生理研究包括了周边、中枢、感官等三大方面比较齐全的阵容。一时间，群贤毕至，人才辈出。

周边神经研究　在冯德培的指导下，中国科学院上海生理研究所继续开展了神经肌肉的研究，冯德培在与Lorente de No 论战中，用实验证实了蛙坐骨神经的外膜是钾离子弥散的障碍。冯德培接着研究了神经对肌肉的营养作用，发现鸡前背阔肌去除神经支配后，慢肌出现肥大；以鸡快肌、慢肌的神经支配为模式，在切断神经做交互支配的实验中，证明神经可以在一定程度上改变肌肉（快肌或慢肌）的类型，而且这一来自神经的

影响不依赖于神经冲动。徐科等在无脊椎动物(已在6种以上的对虾科的虾)神经发现了跳跃传导,以及作为其结构基础的新型的、被命名为fenestration node的兴奋结，从而将跳跃传导规律扩展到无脊椎动物。范世藩和徐科等还发现，对虾大神经的传导速度特别快，可高达200 m/s。徐科、施玉梁和吉永华等较为广泛地研究了我国动植物资源中的毒物及神经活性物质，包括蝎神经毒、蛇神经毒、川楝素、半夏凝集素等。范世藩、陈明等研究了肌肉的收缩机制。朱培闳被介绍到Miledi的实验室，回国后展开肌肉兴奋—收缩耦联机制的研究，取得了良好的进展。

中枢神经系统研究　张香桐1956年自美国回国，领导了中国科学院上海生理所的中枢神经系统研究。此前，冯德培利用出国机会，与当时在美国的张香桐有所接触，希望他能回国工作。1956年，张香桐从美国去第三国开会，借此机会未带任何随身个人生活用品，只身经莫斯科回国。他的回国，使我国中枢神经系统的研究，特别是应用电生理方法的研究，达到了一个全盛时期。在张香桐的领导下，进行了视觉、听觉、听源性癫痫、前额叶皮层等多方面的研究。当时张香桐就组织了神经细胞培养的研究，使单个人脑神经元存活达142天之久。由于他的名望,苏联的Kostyk及东欧多位学者以及国内青年学者如崔宏、周绍慈、陈宜张、张镜如等纷纷前来进修、学习。这些学者回国或回原单位后大多成为神经生物学研究的骨干和专家。去苏联留学的梅镇彤，回国后来到生理所，一方面继续条件反射研究，并很快转入学习与记忆机制的研究。她领导的对切断兔和猫胼胝体与视交叉对条件反射的形成以及在两半球间传递的研究早于Sperry的对裂脑人的研究,得到了一些有意义的结果。但他们的工作尚未接触到大脑两半球功能的不对称性。

自主神经研究　沈锷、江振裕等在自主神经的领域也独立地开展了工作。沈锷长期从事脑干心血管中枢、呼吸中枢及针刺镇痛原理的研究工作，他是最早研究脑干心血管中枢神经元电活动及其下行通路的学者之一。他发现了一种肺回缩感受器，证明脑干内侧网状结构的下行神经冲动在痛信号传递的调节中起重要作用。

感官研究　中国科学院上海生理研究所刘育民到瑞典师从诺贝尔奖得主Granit学习视觉，梁之安到苏联学习听觉。1960年他们两人先后回国，组建了中国科学院上海生理研究所的视觉和听觉生理研究组。梁之安领导的听觉组研究了听觉辨别、听觉信息的编码、强噪声对听觉功能的影响等方面的问题。刘育民领导的视觉生理组，最先是从他与杨振玉外膝体和视网膜电图的研究开始的，李朝义于1961年，杨雄里于1964年，也都陆续参加视觉组的工作，但工作开展不久，就发生了“文化大革命”。但是就在这短短的数年中，视觉组接收并培养了来自全国的不少进修人员，他们成为视觉研究的骨干。

2. 其他单位的工作：中国科学院上海药物所的邹冈是上海医学院药理学家张昌绍的研究生，在张昌绍的指导下，做了一项有开创意义的工作。他们于1962年发表论文，报道了微量注射吗啡到脑内,有强的镇痛作用,最敏感的部位是大脑导水管周围灰质。这一现象的发现，成为1975年以后欧美学者关于脑内存在阿片样受体及内源性阿片样物质的重大进展的先导。第二军医大学的朱鹤年领导张琼、倪国坛等研究了刺激猫脑“怒叫”中枢的怒叫现象。张镜如、陈宜张、周绍慈，从张香桐实验室回原单位后分别开展了丘脑、大脑皮层树突电位、边缘系统的电生理研究。在那几年里，最值得称赞的一件事是，1961

年由中国科学院上海生理研究所的研究人员包括冯德培、张香桐、刘育民组织一个神经电生理的讲习班，这在我国也是对传播神经生理学的知识与方法具有重大意义的一个事件。这期讲习班包括做实验在内共历时四个月，内容包括可兴奋组织的基本原理与肌肉、神经、感受器及中枢神经系统的电活动，还讲授了一些如何组织现代化的神经生理学实验室的有关知识，印发了厚厚的一本电生理学讲义。这期讲习班的参加者有50多名，大多数是来自全国不同城市的男女青年。学习结束后，他们回到原单位建立新的实验室，并向其他人传授所学到的知识。现在，他们大多数人已成为中国神经科学研究的带头人。

3. 两次冲击：新中国成立以后的神经生物学研究，在中国科学院上海生理研究所的带动、在1956年全国12年科学发展远景规划的指引下，得到了蓬勃发展，但也先后两度受到冲击，妨碍了科学的发展。第一次冲击发生在1951年及其后，政府号召学习巴甫洛夫学说。学习巴甫洛夫学说并非不对，偏差在于它几乎冲击了当时一切生理学研究，当然也包括神经生物学研究。一时间，差旅往来，冠盖相属，一哄而起做条件反射实验，相互交流取经如何建造为条件反射实验用的隔音屏蔽室成为时尚。在1952～1956年间也有不少苏联专家来华，但除了Kuбяkob是一位有水平的学者以外，其余多半是初出茅庐的年轻工作者，但反而要求我们有经验的教授听从他们的计划，开展条件反射研究。其结果当然是，既未产生条件反射理论方面的有价值的工作，又耽误了全国许多院校本来有可能开展的其他研究。第二次冲击发生在1957年的反右运动。

四、低潮及“文化大革命”中的针刺镇痛研究

“文化大革命”对于中国的科学事业是一次灾难。这是建国以后对神经生物学的第三次冲击，它开始于1965年，并一直延续到“文化大革命”结束。

但是在这次冲击中，针刺麻醉的研究却特别地得到了发展。1958年，临床上有人在针刺条件下做了切除甲状腺等较小手术，获得成功，以后逐步发展为针刺麻醉。到了1965年，卫生系统及一些部门的领导把它看成为“卫星上天”一样的大事，作为路线斗争的大事，因此就组织人力，加以攻关。一时间，几乎每个生理学研究机构、每个生理学教研室，都参加了针刺麻醉研究的行列。大家都买示波器，用电生理方法研究针刺镇痛机理。不言自明，其他的一切生理研究都停了下来。就针刺镇痛机理而言，通过全国各家的实验研究，提出了一些卓越的见解：

1. 针刺镇痛是两种传入冲动相互作用的结果。张香桐亲自在自己身上体验针刺的滋味，并提出了一个工作假设，认为针刺镇痛是针刺传入冲动与疼痛传入冲动相互作用的结果，并指出其作用部位在丘脑束旁核。后来其他的研究表明，这些相互作用也可以发生在中枢神经系统的其他部位。

2. 针刺镇痛是体液因素对疼痛信息的调制。韩济生、曹小定、邹冈、金国章等提出了强调体液因素在针刺镇痛中作用的论点，即通过神经及其递质调制痛觉的看法。所涉及的神经递质有乙酰胆碱、5-HT、多巴胺、GABA，以后又发展到阿片肽、CCK，甚至加压素、催产素等。

3. 针刺镇痛是一种下行抑制。这一现象最先是由胡家俊、胡三觉用实验演示的，但很快沈锷等就用比较精确的方法加以证明。

4. 针刺镇痛类似脑刺激镇痛，是一个脑区激活后对疼痛信息的调制，特别是尾核、下丘脑、边缘系统中央灰质等脑区。

实际上这四种机制可能并不是相互排斥

的，而是一件复杂事件的不同方面。

五、全面发展：1978年科学大会及以后的开放政策，为神经生物学的发展带来了生机

1978年科学大会以来，学术环境日见宽松，神经生物学事业生机盎然。许多中、老年科学家有机会与国外同行交流，青年学者、青年学生出国进修、深造及回国；全国生理学者都做针刺镇痛的局面很快有了改观，那些原来在其他领域有基础的单位退出了镇痛研究，恢复自身的传统，例如神经内分泌、学习与记忆等；解放后规划的神经生物学的布局仍然在发挥作用，例如视觉研究就得到了很好的发展，几乎成了神经生物学各分支中最强的一支；由于国际学术的进展及新的人员回国，一些新的分支学科开始出现，如神经营养因子、离子通道等领域。我国的神经生物学得到了全面发展，并且比较能够顺应国际趋势。

在研究机构方面，1979年原中国科学院上海生理研究所的中枢神经组中的大部分人员从生理所分出来，组建中国科学院上海脑研究所，由张香桐任所长；20年后，即1999年，中科院发动创新工程，又把脑研究所整合到新的神经科学研究所。军事医学科学院也成立了以研究神经生物学为主的基础医学研究所。90年代上海医科大学成立了医学神经生物学国家重点实验室；北京医科大学成立了卫生部神经科学重点实验室；第四军医大学（西安）成立了全军神经科学研究所；同时由香港实业家资助，在第四军医大学成立了梁銶琚脑研究所；第二军医大学（上海）成立了神经科学研究所。

经过1992年全国第一次神经科学学术会议（由中国生理学会，上海和北京神经科学学会联合组织）上的酝酿，1994年在武汉召开了筹备会议，1995年中国神经科学学会正式在上海宣告成立，同时举办了学会的第一次全国学术讨论会。以后于1997年、1999年分别在西安和北京召集了第二、第三次全国学术讨论会。1985年创立的内部发行的《神经科学》杂志，于1998年3月改名为《中国神经科学杂志》（*Chinese Journal of Neuroscience*），正式对国内外公开发行，从此作为一个全国性的学术团体的神经科学学会，有了自己的刊物。

在1978年以来的22年中，神经生物学的主要学术研究有如下几个方面：

学习与记忆及脑的高级功能　中国科学院上海生理研究所的梅镇彤不但进行了经典条件反射和大脑两半球对称活动的研究，还适时地把研究引导到学习与记忆的方向。他们研究了尾核及大脑皮层中的GABA能传递在条件性行为调控中的作用，目前正在研究GABA转运蛋白转基因动物的行为变化。猕猴前额叶皮层与延缓反应的关系，在“文化大革命”前已由徐秉煊、陈郁初等在中国科学院上海生理研究所进行研究，“文化大革命”后陈郁初继续了这方面的实验。刘观尤与韩湘文研究了前额叶神经元单位放电在辨别、注意和短时记忆中的表现。中国科学院上海生理研究所的李葆明及昆明动物研究所的蔡景霞着重分析了前额叶神经元在学习、记忆中的神经递质机制。最近，昆明动物所的马原野从美国Yale大学回国，他发展了一套在自由行动条件下记录猕猴大脑皮层多个神经元单位放电的独特方法，相信从这一独特技术中会获得新的材料。

视觉　视觉研究方面，除刘育民、杨雄里、李朝义、孙复川等外，脑研究所的罗茀荪进行了兔外膝体方面的工作。中国科技大学的寿天德，中国科学院生物物理所的刁云程、王书荣等也都曾到中国科学院上海生理研究所视觉实验室进修。所以到了70年代后

期，中国的视觉研究有了很强的阵容。首先是在视网膜方面，杨雄里的工作是研究外网状层细胞（EHC），他纠正了前人对著名的S电位起源的错误认识，鉴定了一种新的蓝/绿型EHC；他对网间细胞DA释放与适应现象的关系，丰富了视网膜第一层突触中信息处理的特点与意义。他和吴淼鑫关于虎蝾螈视杆细胞与视锥细胞的电耦合与暗、明适应的关系，也具有创新意义。在外膝体水平，罗茀荪发现兔外膝体神经元抑制回路的特点是没有前馈抑制，而只有反馈抑制。寿天德则报道了外膝体、大脑皮层细胞，具有方向选择性。李朝义在视皮层方面的工作具有创新意义。他和Northdurft合作提出了视皮层神经元对较复杂图形的质地图（texture pattern）进行辨认的过程；尤其是他发现了皮层感受野之外还存在广大的去抑制区，这对于复杂视觉现象的解释具有重要意义。刁云程研究了胼胝体的双眼视觉作用以及视皮层的方位选择性。王书荣确定了低等脊椎动物（两栖、爬行类）峡核是一个视觉中枢，并鉴定了它的联系路径与神经递质。

痛觉及痛觉调制　“文化大革命”中的痛觉研究内容主要是针刺对痛觉影响；1978年以后逐渐转入了以痛觉及其调制研究为主，近年来，还特别注意了对慢性痛的研究。韩济生研究组继续了他关于疼痛的体液调制的思路，很快从细胞水平上找到了痛与镇痛相互影响的活性物质，他们发现CCK-8是最强效的对抗吗啡的内源性神经肽，并且阐明了这个对抗作用的细胞和分子机制。他的实验小组还证明，2 Hz的电针会引起脊髓内啡肽的释放，而100 Hz电针则引起强啡肽的释放，为不同电针频率的镇痛效应提供了一种可能的解释。中国科学院上海药物研究所的池志强合成了最强效的吗啡类物质——羟甲酚酞尼，并研究镇痛分子的计算机三维图像。在脊髓及背根神经节的水平，我国学者进行了大量有创新意义的工作。首先是在形态学上，同济医科大学的艾民康研究组发现，胶状质核的痛觉信息传递调制可能与释放P物质（SP）、ACh及GABA、ENK、NT等的中间神经元有关。第四军医大学李继硕对内脏和躯体传入在脊髓后连合核的会聚进行了系统的组织学、免疫组织化学、微电极电生理学等各方面的大量、细致的研究，也研究了脑干三叉神经脊束核的相应结构。中国科学院上海脑研究所的赵志奇应用抗体微电极方法证明疼痛刺激能够引起初级传入末梢的SP释放，他还证明了伤害性肌肉传入与皮肤传入可能分别利用非NMDA及NMDA受体介导传入信息。首都医科大学的吕国蔚纠正了过去教科书上“背索内只含初级传入和传导本体感受”的错误，证明背索中的脊颈束——背索突触后神经元也参与伤害性信息的传递，他还十分独特地研究了背索轴突投射中的分支现象，给出了丰富的资料。同济医科大学的李之望研究组分析了背根神经元胞体上的两类受体相互作用的丰富事实，其中一类是受体介导的离子通道，如GABA、nACh受体，另一类是G-蛋白耦联受体。

在1978年以前的针刺镇痛研究中，中国学者已了解到下行抑制以及一些中枢兴奋对疼痛信息传递的调制等两大类与痛觉调制有关的中枢现象。沿着这一思路，陆续有人研究了对疼痛信息传递的调制有关的各级中枢：中缝大核（中国科学院上海生理研究所的杜焕基等），大脑皮层SI、SII（中国医科大学腾国玺、中山医科大学陈培熹、中医研究院的朱丽霞、西安医科大学的袁斌），丘脑（唐敬师等），中脑导水管周围灰质（山西医学院乔健天等），尾核（中国科学院上海生理研究所黄晔及上海医科大学何莲芳等），下丘脑（第二军医大学的陈宜张、林葆城等），下

丘脑弓状核（苏州医学院印其章等），海马（第三军医大学刘祚周等），外侧缰核（吉林医大王绍），杏仁（华东师大翁恩琪）等。

90年代以来，慢性痛的研究有很大发展。谢益宽1988年与Bennett合作发表的用羊肠线轻度结扎传入神经引起动物慢性痛的模型被称为Bennett－谢模型，谢益宽等在此基础上继续进行了离子通道与分子生物学机制的研究。胡三觉用向椎间孔塞入一小段钢柱的方法创造了另一个模型；他在1989年报道了肾上腺素作用于受损伤后的神经，可能是引起慢性痛传入发放的原因，这一论文被国际上广泛引用。第四军医大学的张旭等与瑞典的Hokfelt合作，详细地研究了神经受损伤后神经元表面受体数量与性质的变化，这既为神经可塑性提供了理论基础，又为损伤后神经功能表现提供了合理的解释，后者实际上也是一种可塑性变化。

从以上介绍中不难看出我国学者在痛与镇痛、针刺镇痛研究中做了大量的工作，取得了很大的成绩。队伍之大，研究面之广，很难有一个国家可以与之相比，研究成果接近或达到国际水平，少数领域处于领先水平，在国际痛觉研究领域已占一定地位。30年来，已召开全国性的针刺镇痛会议五次，在国内召开的国际针刺镇痛学术会议两次，国际性疼痛学术会议两次。1989年成立了国际疼痛学会分会中华疼痛学会，会员已达1 000多人。我国的疼痛问题研究，如能抓住新的现象，赶上国际新趋势，提出自己的创新思路，继续保持国际前列与发展前沿，是大有希望的。

神经免疫内分泌　国内有不少单位参与神经内分泌的研究，从广义来说，凡是神经肽及下丘脑的研究，包括内啡肽、神经降压素、下丘脑与泌乳素调节、下丘脑与镇痛的关系等，均可归于此。除此以外，有两项研究在国际上具有一定影响。第四军医大学鞠躬、刘少君等，主要应用免疫组织化学及电镜技术，证明多种哺乳动物的垂体前叶细胞受肽能神经的支配。从历史上看，从G. W. Harris开始，一直认为垂体前叶仅接受通过垂体门脉血液中体液的调节，而不直接接受神经支配。鞠躬等的这一发现，显然具有重要意义，并已被*Gray's Anatomy*（《格氏解剖学》）（38版）所收录。但这一神经支配的生理意义究竟如何，仍有待研究。第二军医大学陈宜张等发现，糖皮质激素对于神经元细胞的快速作用，是通过非基因组机制，并有可能是通过细胞膜上的受体。因为内分泌学上历来认为甾体激素的作用是通过细胞核上的受体，并改变基因转录活动而实现的，属于基因组机制。因此，他们的这一发现及理论概括显然具有重要意义。他们的论文已被*William's Textbook of Endocrinology*第八版（1994）、第九版（1998）所连续引用。但糖皮质激素的膜受体迄今未被克隆，非基因组机制是肯定无疑的，但有无其他可能仍属未知。在神经免疫内分泌方面，也有两项较有新意的工作。北京医科大学范少光等发现大鼠经束缚应激以后，血中出现了一种新的免疫分子，其分子量在160 kD，由三个亚单位组成。但这个因子的详细结构及其与已知免疫分子之间的关系，仍有待探索。中国科学院上海生化研究所刘新垣指导第二军医大学的蒋春雷研究了白细胞介素1（IL-1）的镇痛作用，并用人工定点突变等技术改变重组IL-1的氨基酸组成，发现镇痛位点与免疫功能位点是两个不同的点。以后，蒋春雷继续以类似的方法研究了干扰素α的镇痛作用，得出了类似的结果。一个大的蛋白分子，具有一个以上的功能位点，这可能是生物界的一个普遍现象。

神经营养因子及导向分子　90年代以

来，中国科学院上海脑研究所、第四军医大学神经科学研究所、军事医学科学院基础所、第二军医大学神经生物教研室等不少单位都开展了神经营养因子的研究，有许多是以应用为目的的。最近，中国科学院上海脑研究所与美国华盛顿大学饶毅合作，发现了一种新的导向分子slit，文章发表后，引起很大反响。第二军医大学的何成等对CNTF 的结构进行了改造，报道了它的新功能特点。

神经元受体及细胞内信号转导　中国科学院上海生理所黄华玉等的早期工作发现，3,4-二氨基吡啶(3,4-DAP)，不论细胞外液有钙或无钙，均能诱发离体中枢神经组织的去甲肾上腺素的释放。接着她又对3，4-DAP在无钙条件下诱发的NA 释放进行了细致分析，发现：进入细胞内的Na^+通过某些步骤激活了对IP_3敏感的Ca^{2+}库，使之释放储库中的Ca^{2+}，从而诱发NA 释放，而PKC 参与了这一过程。第二军医大学陈宜张小组继续研究糖皮质激素的快速作用，并且追踪（假设的）膜受体接受信号后的细胞内信号转导过程，发现在PC12 细胞，是通过PKC 系统的，而其他作者在垂体细胞上看到的是通过cAMP－PKA 系统的。因此他们提出，甾体激素快速作用在不同种类的细胞可以通过不同的信号转导系统，即信号转导系统具有多样性的观点。

神经疾病　北京医科大学王晓民、韩济生等研究帕金森病的基因疗法。上海医科大学的孙丰艳等研究缺血、缺氧引起神经元死亡、凋亡的过程及机制。同济医科大学的王建枝研究了老年性痴呆发病机制中tau 蛋白的磷酸化过程等问题。

脑功能的影像学研究　脑高级功能的成像研究，由于中国科学院高能物理研究所唐孝威、心理所翁旭初及北京首钢医院、解放军301 医院有关科学工作者的努力，在运动的脑调控、语言等方面已开始获得实质性的进展。

科学仪器　中国科学院上海生理研究所从1960 年起就设计、制造了成套60I 型电生理仪。后来，上海无线电十三厂设计生产的叠加仪，对于当时闭关自守条件下的电生理研究曾起了十分重要的作用。从60 年代起直到80 年代，第二军医大学卢振东所设计并生产的江湾-I 型、II 型脑立体定向仪具有小巧、可转动角度等特点，装备了国内数百个神经生物学实验室。最近，华中理工大学及中国科技大学的周专设计并生产的PC-2B 膜片钳及膜片钳用快速微量多管给药系统，正在开始装备国内膜片钳实验室。这些都对我国神经生物学的发展，起到积极的推动作用。

参考文献

张香桐：神经科学在中国的发展，见：王志均，陈孟勤主编：《中国生理学史》，北京：北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社，79～83，1993。

陈宜张，赵志奇：解放后的中国神经生理学，见：王志均，陈孟勤主编：《中国生理学史》，北京：北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社，84～100，1993。

徐科，陈明，荣辛末：中国神经、肌肉和神经肌肉接头生理学的发展，见：王志均，陈孟勤主编：《中国生理学史》，北京：北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社，101～113，1993。

刘育民，梁之安：中国感官生理学的发展，见：王志均，陈孟勤主编：《中国生理学史》，北京：北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社，114～128，1993。

（陈宜张）

针刺镇痛 (Acupuncture Analgesia)

针刺疗法是我国传统医学的主要治疗方法之一，一般是将金属毫针刺入身体的某些部位（即穴位），通过捻转或通电等刺激，达

到缓解各种病痛、调整人体功能的目的。由于针刺镇痛简便有效，副作用极小，加之近几十年来，我国科学工作者在针刺镇痛机制的研究方面取得重大进展，使得针刺疗法逐步走向世界，获得广泛的承认和应用。

一、针刺信号的传导途径

针感的外周传入途径　针感是实现针刺镇痛的必要条件。研究表明，穴位所在部位的感受器以及穴位周围的血管（血管壁上有神经纤维）、神经干、分支及神经末梢等是产生针感的形态学基础。针刺就是通过兴奋感受器及神经末梢，将针刺的信息传入中枢的。

针刺兴奋的神经纤维包括I（或称A_α）类、II（A_β）类、III（A_δ）类和IV（C）类传入纤维。A 类纤维为有髓鞘的粗纤维，其中A_β、A_δ类纤维是薄髓鞘的较细纤维，C 类纤维是无髓鞘的细纤维。一般认为病人能够接受的针刺强度主要是引起A_β、A_δ类纤维兴奋。可见，针刺是用较弱的刺激达到镇痛的目的。但也有人认为C 类纤维的传入在针刺镇痛中起重要作用，即以一种伤害性刺激的方式来抑制另一种伤害性刺激的传入，达到镇痛的目的。

针刺信号的脊髓内传导途径　针刺引起的神经冲动进入脊髓后，主要经前联合交叉到对侧，沿脊髓腹外侧索上行，这种与痛温觉相似的传导途径，是针刺信号与疼痛信号在传入过程中相互作用的形态学基础。针刺信号在上行传导时，通过脊髓内节段性联系影响邻近节段所支配的皮肤、内脏的活动以及邻近节段的痛觉传入；更主要的是沿上行传导路径到达脑干、间脑和前脑等部位，激活高位中枢，使针刺信息和伤害性刺激信息在各级水平上相互作用，从而产生针刺镇痛效应。

二、针刺镇痛的神经中枢整合机制

张香桐首先提出一种假说，针刺镇痛是针刺信号与疼痛信号这两种不同的感觉传入在中枢神经系统内相互作用并进行整合的结果。以后大量的研究资料表明，这种假说是正确的。

脊髓水平的整合　伤害性刺激先兴奋A 纤维和C 纤维，进而兴奋脊髓后角细胞，再向脑部传递伤害性信息。而针刺信号沿着神经传入脊髓后，可以抑制伤害性信息对后角细胞的兴奋作用，从而启动脊髓的闸门控制机制。用微电极在脊颈束或背角V 层细胞可记录到伤害性刺激所引起的高频持续放电，这类痛敏细胞放电可以被电针刺激穴位或电刺激神经干所抑制，这种抑制在给予电针后立即出现，抑制时程很短，停电针后抑制立即消失。针刺传入信息和伤害性刺激传入信息在脊髓中的相互作用，有比较明显的节段关系。当针刺部位和伤害性刺激部位的传入纤维到达相同的或相近的脊髓节段，则针刺的抑制作用就比较明显；反之则针刺的抑制作用就比较弱。这也可能是邻近疼痛部位局部取穴的理论基础。

脑干水平的整合　针刺信号及伤害性刺激信号均可进入低位脑干。例如在延髓网状结构的巨细胞网状核，这两种信号可会聚于同一核团、同一细胞，通过两种信号的相互作用，使伤害性刺激引起的反应受到抑制。直接刺激延髓巨细胞核的尾端部分，可抑制丘脑内侧核群的痛敏细胞放电，这一效应与电针“足三里”穴的抑制效应十分相似。用微电极在中脑中央灰质（PAG）、中脑内侧网状结构中央被盖束区等处记录的伤害性刺激反应，均可被电针四肢穴位所抑制。这种来自不同部位的信息在脑干水平的整合，可能是中医传统的远隔疼痛部位取穴的作用基础之一。

丘脑水平的整合　丘脑内侧核群是脑干网状结构向头端的延伸。其中的束旁核是一

个接受痛觉冲动的结构，任何伤害性刺激都可引起束旁核的电反应。而中央中核可接受来自多个神经元的传入冲动，是一个痛觉调节中枢。每秒4～8次的电脉冲刺激中央中核，可明显地抑制束旁核的痛敏细胞放电。对于用微电极在丘脑内侧核群，特别是束旁核、中央外侧核一带，记录到的一种由伤害性刺激引起的特殊形式的放电反应，电针“足三里”穴等可以抑制这种痛敏细胞放电。针刺对痛敏细胞放电的抑制有可能经过丘脑中央中核。

针刺激活脑内一些有关的痛觉调制结构　用电刺激或损毁（电解、切除或用药物破坏等）某些中枢结构，实验表明，损毁脑内的某些结构如尾核头部、丘脑中央中核、PAG及中缝背核等，对动物的痛阈无明显影响，但却显著减弱了针刺镇痛效应。针刺穴位或用中等强度电流刺激外周神经，可影响上述核团的细胞电活动。如电刺激“合谷”等穴位，可在尾核头部的背侧记录到诱发电位。电刺激尾核头部背侧可以提高痛阈，加强针刺穴位的镇痛效应。在临床上，电刺激尾核可缓解癌症病人的恶痛。以上实验说明，针刺穴位的传入冲动进入尾核头部，通过调制尾核神经元的活动起到镇痛效果。

在针刺镇痛原理研究中，人们还发现针刺信息能在边缘系统的一些结构（如海马、扣带回、隔区、杏仁、视前区、下丘脑等）中对伤害性刺激引起的反应进行调制，这可能就是针刺可以减弱疼痛的情绪反应的生理基础。此外，大脑皮层的一些区域也参与了针刺镇痛的过程。

脑干痛觉下行调制系统在针刺镇痛中的作用　脑干痛觉下行调制作用主要起源于延髓内侧的网状结构，特别是中缝核群。研究表明，脑干痛觉下行调制系统在针刺镇痛中发挥重要作用。如高位横切脊髓后针效消失，说明脊髓以上结构参与针刺镇痛；切断背外侧束和完全横切的效果一样，说明下行抑制通路位于背外侧束；在胸3部位切断双侧腹外侧束后，针刺后肢穴位的信号不能上行至脑，针效消失，而针刺前肢穴位，则针刺信号似可由颈髓上行至脑而发挥作用。由此可以看出针刺信号由脊髓腹外侧束上行，激活延髓内侧网状结构，而下行冲动沿背外侧束下行，抑制疼痛信息传递。此外，中缝核群的活动也受上述一些高位中枢的调制。

三、针刺镇痛的神经化学基础

内阿片肽　针刺镇痛时，脑内内阿片肽释放增加，其中β-内啡肽和脑啡肽在脑内具有很强的镇痛效应，脑啡肽与强啡肽在脊髓内有镇痛作用。针刺激活脑内的内阿片肽系统，主要通过三个部位发挥镇痛作用：一是脊髓内的内阿片肽能神经元释放相应递质，作用于初级感觉传入末梢的阿片受体，抑制传入末梢释放P物质等，抑制脊髓伤害性感觉神经元的痛反应；二是脑内有关核团中内阿片肽能神经元兴奋，释放递质并通过有关神经元，参与脑干痛觉下行调制系统，起了抑制痛觉传递的作用；三是垂体β-内啡肽释放至血流内也起了一定的作用。

已有实验证明低频（2 Hz）电针主要激活脊髓中的脑啡肽能系统和脑内的β-内啡肽能系统，介导镇痛效应；高频（100 Hz）电针镇痛主要由脊髓强啡肽能系统介导。不同频率的电刺激作用的神经通路不同。

孤啡肽（OFQ）是1995年发现的阿片家族的新成员，虽然其结构与经典的阿片具有高度同源性，但在功能上差别较大。侧脑室或PAG内注射OFQ均能不同程度地减弱或取消针刺镇痛的作用。而脊髓内OFQ有可能起镇痛或加强针刺镇痛的作用。另外内吗啡肽是1997年发现的又一新的阿片肽，无论在脑内或脊髓内均有强烈的镇痛作用。

经典神经递质 针刺镇痛时，脑内5-HT的合成、释放和利用都增加，合成超过利用，因此脑内5-HT含量增加。5-HT的作用要通过5-HT受体来完成。电针刺激引起脊髓中释放的5-HT是作用于5-HT1A和5-HT1C/2受体而起作用的。参与脑内镇痛的中缝背核和中缝大核中含有丰富的5-HT能神经元，前者的轴突组成上行投射纤维，后者的轴突（即下行抑制系统的一部分）下行至脊髓。损毁此两核团及投射纤维，或用5-HT受体阻断剂阻断5-HT能通路，都将减弱针刺镇痛效应。

中枢去甲肾上腺素（NA）能神经元的胞体主要集中在延髓和脑桥，尤以蓝斑核最多。NA能上、下行纤维分别投射至脑和脊髓，激活脑内NA能上行投射系统，对抗针刺镇痛；激活低位脑干发出到脊髓的NA能下行投射系统则加强针刺镇痛。

脑内多巴胺（DA）能神经元的胞体主要集中在中脑黑质。中枢DA对针刺的作用可能类似于NA，即在脑内DA对抗针刺镇痛，在脊髓则加强针刺镇痛，并且如果脑和脊髓内的儿茶酚胺受体或DA受体被同时激活时，则对脑的作用超过脊髓。

中枢乙酰胆碱(ACh)能系统被激活时也能加强针刺镇痛。例如，电针穴位或电刺激尾核发生镇痛效应时，侧脑室中ACh含量增加。尾核内微量注入东莨菪碱可阻断针刺镇痛效应，提示尾核中胆碱能系统参与针刺镇痛。

内阿片肽与经典神经递质的相互作用 针刺使上述多种递质释放，递质间有着相互的作用。如用5-HT合成阻断剂对氯苯丙氨酸（pCPA）在减弱针效的基础上，再注射阿片受体阻断剂纳洛酮，针刺镇痛效应进一步减弱。另有实验发现电针效果显著者，5-HT和内阿片肽的含量往往都增加。此外，针刺时，内阿片肽释放可以通过抑制NA能神经元的活动而实现其镇痛效应。而DA系统对内阿片肽系统的释放有抑制作用。

其他 除了内阿片肽外，还有一些神经肽参与针刺镇痛。如神经降压素的镇痛作用依赖于内阿片肽系统；催产素和加压素增强针刺镇痛作用则不依赖于内阿片肽系统；八肽胆囊收缩素和血管紧张素II注入脑室，对基础痛阈无明显影响，但明显抑制针刺镇痛。针刺耐受与反复针刺后引起的脑内八肽胆囊收缩素和血管紧张素II含量增高有关。

在中枢神经系统中，已发现的经典的神经递质至少有10余种，生物活性肽已超过100种。在神经元及突触间隙中聚集着如此多的信使物质，相互之间的影响是不可避免的。在对针刺镇痛的影响方面也表现为复杂多变性。因此，通过进一步阐明这些关系以达到增强针刺疗效的目的，将是今后研究的方向之一。

参考文献

张香桐：针刺镇痛的神经生理学基础，《中国科学》，4：465～475，1978。

韩济生：针刺镇痛原理研究十年进展，《复旦神经生物学讲座》，10：191～201，1995。

赵志奇：《疼痛及其脊髓机理》，上海：上海科技教育出版社，153～175，2000。

吴根诚，曹小定：痛与镇痛，见：许绍芬主编：《神经生物学》（第二版），上海：上海医科大学出版社，330～349，1999。

（杨芝兰　曹小定　吴根诚）

吗啡镇痛部位的发现 (Discovery of the Action Sites of Morphine Analgesia)

阿片是一种古老的药物，在公元前3世纪的希腊文献中已有记载。到16世纪中期，阿片在欧洲被认为是最有效的镇痛药。大约在同一时期阿片由阿拉伯商人输入我国，明

朝李时珍的《本草纲目》中就有“阿芙蓉”的记载。阿片中包含20多种生物碱，其主要的镇痛成分吗啡在1803年被分离，并在1925年经化学合成确定其结构，成为临床上普遍应用的强镇痛药。但直到50年代，注射吗啡后产生镇痛作用的确切部位仍不清楚。中国科学院上海药物研究所邹冈等药理学家在这方面做出了杰出的贡献。

1959年上海药物研究所周金熙和胥彬发现向小白鼠脑内注射微量吗啡（皮下注射量的1/100）会产生显著的镇痛作用，证明吗啡直接作用于脑中枢。但这项研究并未解决吗啡究竟作用于脑内什么部位的问题。为了确定吗啡在脑内产生镇痛作用的部位，邹冈改用家兔进行研究。他首先将微量（20 μg）吗啡注入家兔的侧脑室，发现可以产生明显而持久的镇痛效应，相当于静脉注射500～1 000倍药量（10～20 mg）后产生的作用。根据药液在侧脑室中的扩散范围，他推测吗啡作用于侧脑室周围的脑结构，因此设法缩小药液分布的范围，将微量（10 μg）吗啡注入侧脑室周围结构以及皮层下与痛觉可能有关的结构，最终发现注入第三脑室周围灰质后镇痛作用最明显，由此提出第三脑室周围灰质是吗啡产生镇痛作用的部位的最新观点。1962年，邹冈和他的导师张昌绍在《生理学报》上发表了这项工作成果。接着他又发现在两侧第三脑室周围灰质注射微量（10 μg）吗啡的特异拮抗剂——丙烯吗啡，能够对抗随后静脉注射吗啡产生的镇痛作用，证实了吗啡在脑内产生镇痛作用的部位。1964年这两项研究合并成一篇论文，在《中国科学》上用英文发表，受到国外学者的高度重视，曾被反复引述，成为吗啡和痛觉研究领域中的一篇经典论文，并被担任过德国药理学会副会长的Hertz等著名药理学家誉为研究吗啡作用原理的“里程碑”。

邹冈在1964年发表的另一项研究工作证明吗啡能够抑制脊髓对痛刺激的反应。十余年后美国 Yaksh 等才报道脊髓蛛网膜下腔微量注射吗啡可以产生显著镇痛作用。那么吗啡全身注射后究竟作用于脑内还是脊髓呢？邹冈等证明全身注射小剂量吗啡后产生镇痛作用的部位主要在脑内，而不在脊髓。

1999年邹冈逝世后，美国科学家 Mackie 等人在国际著名期刊《神经科学动态》上发表悼念邹冈的文章中指出：邹冈的研究工作在70年代初推动了重要的内源性镇痛物质脑啡肽和内啡肽的发现，这些发现证明机体具有自己的镇痛回路，它们可以被调节或者用药物激活以达到治疗目的，从而改变了科学家有关痛和镇痛的观念。

参考文献

周金熙，胥 彬：《生理学报》，23：37～44，1959。

邹 冈，张昌绍：《生理学报》，25：119～128，1962。

Tsou，K.（邹 冈），Jang，C. S.：*Scientia Sinica*，13：1 099～1 109，1964。

邹 冈，张志林：《生理学报》，27：369～376，1964。

Hu，G. Y.（胡国渊），Zhong，F. X.，Tsou，K.（邹 冈）：*Eur. J. Pharmacol.*，97：129～131，1984。

Mackie，K.，Walker，J. M.：Kang Tsou（邹冈）（1932～1999），*Trends in Neuroscience*，22：331，1999。

（胡国渊）

视网膜信息传递与调控（The Transmission and Modulation of Retinal Signals）

脊椎动物视网膜厚度约为0.2～0.3 mm，紧贴眼的后内壁，为视觉的感受器官。视网膜中各类细胞分层有序：外核层含光感

受器胞体;内核层包括四类基本神经元胞体：位居外缘的水平细胞，中部的双极细胞，近端侧的无长突细胞和网间细胞；神经节细胞的胞体则构成视网膜最近端层 —— 神经节细胞层。

视网膜内神经元之间的突触联系组成内、外两个网状层。在外网状层中，第一级神经元光感受器与第二级神经元水平细胞、双极细胞发生突触联系。信号由光感受器输入，经双极细胞输出至内网状层。水平细胞的突起在外网状层内呈横向延伸，介导信号在水平方向的相互作用。在内网状层，双极细胞与第三级神经元无长突细胞及神经节细胞发生突触联系。双极细胞为该层提供输入信号，而神经节细胞则是该层，也是整个视网膜的输出神经元，其轴突在视盘处聚集形成视神经,把视觉信息由视网膜传至视中枢。无长突细胞的突起在内网状层中呈水平方向延伸,并介导信号在其中的侧向相互作用。网间细胞是视网膜中的离中神经元，介导由内网状层至外网状层的反馈信号。

在外网状层形成突触的神经元—— 光感受器、水平细胞和双极细胞，对光照仅产生持续性的分级电位，而不产生经典的动作电位。在无长突细胞既有分级电位，又产生锋电位。只有神经节细胞才完全以锋电位的形式对光起反应。氨基酸类递质在视网膜的信息传递中起着重要的作用。光感受器和双极细胞以L-谷氨酸为递质，水平细胞和一部分无长突细胞以γ-氨基丁酸（GABA）为递质。甘氨酸可能是一部分无长突细胞和网间细胞的递质，部分网间细胞也释放多巴胺。这些氨基酸递质通过多种受体而行使其突触后功能。

我国学者对视网膜信息传递与调控的系统研究及国际合作始于20 世纪80 年代。以中国科学院上海生理研究所杨雄里为代表的中国科学家及其合作者应用电生理、药理、形态等多种方法，对视网膜神经元回路信号处理及其调控机制进行了系统的研究，包括视网膜的细胞和突触组构，光感受器和视觉兴奋，神经元的反应及其功能组织方式，视网膜的信息处理特性等重要方面。

对神经元回路进行分析的关键在于了解神经元形态和功能上的联系。对于视网膜,由于神经元相对较大，使得从细胞内对其电学活动进行记录成为可能。同时，可以利用记录电极将染料注入细胞，对细胞进行胞内染色，以鉴定所记录到的细胞类型。应用胞内记录和染色技术对视网膜神经元回路所进行的研究包括神经元类型的鉴定，外网状层中光感受器、水平细胞和双极细胞之间的突触连接及信号传递方式，以及明、暗适应的视网膜机制。

脊椎动物视网膜组构方式相似。在一些具有良好色觉的动物的视网膜，水平细胞据其与光感受器的突触连接特性可分为视杆水平细胞和视锥水平细胞。视杆水平细胞在形态学上和视杆发生联系，并且接受来自视杆细胞的输入。视锥水平细胞接受来自视锥的输入，并可据其反应的光谱特性分为亮度型和色度型。其中亮度型水平细胞对可见光范围内的刺激均呈超极化反应，而色度型水平细胞对光反应的极性则因刺激光的波长而异。这种拮抗性编码方式是视觉通路传递颜色信息的重要特点。对细胞反应的不同时相光谱敏感性的定量分析结果表明，亮度型水平细胞接收来自红敏和绿敏两种视锥系统的输入。而且红敏和绿敏视锥的输入在水平细胞上发生相互增强作用，导致反应幅度的增大。进一步的实验提示，水平细胞上绿敏视锥输入作用于红敏视锥输入而导致反应的增强，其机制可能发生在突触前。基于这些观察及其他相关工作所提出的一个假设模型认

为，亮度型水平细胞直接从红敏和绿敏视锥接收兴奋性输入，又与绿敏视锥形成抑制性反馈突触。水平细胞上红、绿敏视锥信号的相互增强现象是由于绿敏视锥的活动对水平细胞至视锥的反馈通路活动的调节所致。与亮度型水平细胞相比，对色度型水平细胞的研究则相对较少。基于以细胞内记录为主的电生理研究，在鲫鱼视网膜上鉴定了对红光呈去极化反应、对绿光呈超极化反应的红/绿型水平细胞，和对绿光呈去极化反应、对蓝光呈超极化反应的绿/蓝型水平细胞。

氨基酸类递质在视网膜的信息传递中起着重要的作用。光感受器以L-谷氨酸为递质，而其受体，按其特异性，存在多种亚型。应用离体视网膜对虎蝾螈水平细胞谷氨酸受体的分析表明，在水平细胞上可能存在KA、AMPA 和QA 受体，谷氨酸的作用经由这些受体介导。对双极细胞谷氨酸受体的分析表明，超极化双极细胞的光反应可能部分经由KA 和/或AMPA 受体介导；去极化双极细胞上存在L-AP4 受体。对视网膜第二级神经元（包括水平细胞和双极细胞）兴奋性氨基酸受体的研究所提供的证据进一步表明，双极细胞除接受来自光感受器的以谷氨酸为递质的前馈输入，还接收水平细胞的以GABA为递质的前馈抑制性输入。两者共同作用的结果，形成双极细胞感受野的中心－外周拮抗反应。

在视网膜中，明、暗适应状态对视网膜神经元活动及信号传递过程具有重要的调节作用。大多数脊椎动物视网膜包含视杆、视锥两类光感受器，分别介导弱背景光和强背景光下的视觉功能。当背景光超过一定水平后，视杆活动趋于饱和，暗适应可使其活动性逐渐恢复。视锥通路在长时间暗适应后受到压抑，在光照后才逐渐恢复较高的反应性。水平细胞间的电耦合也为明、暗所调制。当视网膜暴露于中等强度的背景光，胞内注射的Lucifer 黄可由被注入的细胞经缝隙连接向邻近的许多水平细胞扩散；而在长时间暗适应的视网膜，染料通常局限于被注射的细胞或仅扩散至邻近很少的几个细胞。有证据提示多巴胺可能参与视网膜明暗适应过程，即网间细胞可能在暗状态下释放多巴胺，激活视网膜中的腺苷酸环化酶，改变水平细胞间的电耦合，并压抑视锥水平细胞的光反应性。

在虎蝾螈视网膜，暗适应对水平细胞的作用可由外源性GABA 和甘氨酸模拟，且GABA 和甘氨酸的效应分别为荷包牡丹碱和士的宁所阻断。鉴于甘氨酸的作用亦可为荷包牡丹碱所阻断，提示甘氨酸和GABA 的作用并不是完全独立的。可能的机制是，在暗状态下水平细胞和无长突细胞释放GABA，调节视网膜神经元的活动；而网间细胞和无长突细胞可能在暗状态下释放甘氨酸，它通过导致GABA 释放的增加，进一步对水平细胞的活动加以调节。

综上所述，对视网膜神经网络的研究在相当长的时间内是在完整的视网膜上进行的，所采用的主要方法是细胞内记录和染色。然而由于视网膜中的神经元，通过化学和电学突触紧密地连接在一起，其网络机制较为复杂。随着全细胞钳位和膜片钳技术日益广泛的应用，使得以分离的细胞为标本，对细胞膜的受体类型及其特性进行研究成为可能。

通过相应谷氨酸受体激动剂的施加，对水平细胞上谷氨酸受体的门控特性和调制特性的研究发现，水平细胞的细胞膜上仅表达AMPA 型的谷氨酸受体，其组成亚基可能为flop 型剪接变异体。这些结果支持了关于光感受器以谷氨酸为递质的假说，而对突触后受体类型的鉴别无疑充实了人们对视网膜第

一、第二级神经元间信号传递过程的认识。

在脊椎动物视网膜，GABA 是视网膜中主要的抑制性神经递质之一。传统上认为，GABA 受体分为GABA A 和GABA B 两种亚型。近年来，研究发现存在一种在结构和药理学特性上与传统的GABA A 和GABA B受体不同的GABA C 受体。对急性分离的鲫鱼视网膜双极细胞上GABA 受体介导的全细胞电流的考察表明，双极细胞上兼有GABA A 和GABA C 两种GABA 受体亚型，其中GABA C 受体介导的电流显示了显著的失敏特性，然其反应动力学在激活、失敏、失活、失敏恢复等方面均慢于GABA A 受体介导的反应；且锌离子对两种受体介导的激活、失敏及失活三方面都有不同的调节作用。这些结果提示，鲫鱼视网膜双极细胞上的GABA C 受体可能在亚基构成和/或胞内机制上与以往报道的GABA C 受体不同。而GABA A 和GABA C 受体在反应动力学特性及锌离子的调制上显示的差异则提示，这两种受体在视网膜信号传递过程中可能在不同的频域及在不同的调制环境下起作用。

作为视觉系统的外周部分，视网膜对光信号的加工处理过程是视觉的起始点。视网膜的光感受器将光信号首先转换成电信号，这种信号经视网膜神经元所组成的复杂网络编码、处理，进而由视神经传向视觉中枢，最后形成视知觉。视网膜不仅是神经系统的一部分，而且是其中最易入手的一部分。因此，对视网膜神经元回路及其特性进行研究的意义，不仅在于了解视觉信息加工编码的机制，而且可能为了解中枢神经系统功能提供重要的启示。在视网膜研究方面，我国学者的主要成就在于对视网膜内视觉信息处理机制的研究，尤其是对于外层视网膜中神经元类型的鉴定，对外网状层中第一级神经元和第二级神经元之间的突触组构，信号的编码传递方式及调控机制，相关神经递质、调质及其受体特性的研究等重要方面。借助神经电生理、药理及形态等有效的研究方法，加深了对视觉信息的加工传递的认识。其意义并不局限于对视觉系统，也为在中枢神经系统信息处理方面具有普遍意义的机制或规律的认识提供启示。

参考文献

杨雄里：《视觉的神经机制》，上海：科学技术出版社，1996。

Han，M. H.，Li，Y.，Yang，X. L.（杨雄里）：*NeuroReport*，8：1 331～1 335，1997。

Shen，Y.，Yang，X. L.（杨雄里）：*Neurosci. Lett.*，259：1～4，1998。

Lu，T.，Shen，Y.，Yang，X. L.（杨雄里）：*Neurosci. Res.*，31：123～135，1998。

Shen，Y.，Lu，T.，Yang，X. L.（杨雄里）：*Neurosci.*，89：979～990，1999。

Han，M. H.，Yang，X. L.（杨雄里）：*NeuroReport*，10：2 593～2 597，1999。

（梁培基）

家兔外膝体神经元回路（Neuronal Circuitry of Lateral Geniculate Nucleus of Rabbits）

哺乳动物的外膝体不单是视觉信息传递的中继站，还对视觉信息进行一定程度的加工。外膝体中的信息传递和加工受其他中枢的调控，而这些过程都是通过特定的神经元回路进行的。中国科学院上海脑研究所罗蒂荪用电生理学结合神经解剖学方法对家兔的外膝体及有关的其他神经元回路进行了系统的研究，做出了有重要学术意义的贡献。他的研究工作可分为两部分：

家兔外膝体的返回抑制回路　罗蒂荪首先对家兔外膝体的神经元回路进行了详尽的研究，并与过去进行过较多研究的猫外膝体

的神经元回路进行了比较。猫的两眼长在头的前面，两眼的视野有较大程度的重叠，有利于捕捉猎物。家兔的两眼长在头的两侧，视野很大但两眼的视野很少重叠。比较两者神经元回路的异同，不仅有理论意义，而且可以提示不同神经元回路的机能。他的主要研究成果如下：

家兔外膝体只有返回抑制回路，缺乏前馈抑制回路。这和猫的情况不同：猫的外膝体中继神经元轴突侧支和返回抑制性中间神经元组成返回抑制回路，由视束纤维侧支和前馈抑制性中间神经元组成前馈抑制回路。

家兔外膝体兴奋抑制过程的传导速度特异性。家兔视神经纤维和外膝体中继神经元的轴突均包含传导速度不同的纤维，但从潜伏期推算，引起一个中继神经元的兴奋和抑制的纤维的传导速度相同，即快传导通道中的神经元只接受它本身的返回抑制，而不接受慢通道的返回抑制，反之亦然。说明快、慢通道的信号平行上传，互不干扰，这有利于避免信号的失真。

返回抑制中间神经元的位置。用生理和解剖方法证明，返回抑制中间神经元位于丘脑网状核尾端的背侧部。

返回抑制中间神经元之间的交互抑制。与猫的情况相似，家兔的返回抑制中间神经元之间也存在相互抑制。

罗蒂荪的这项研究工作达到了国际先进水平，为此他获得了1990 年中国科学院自然科学二等奖和1991 年国家自然科学二等奖，均为第一获奖人。

返回抑制回路与扫视抑制　在上述研究的基础上，罗蒂荪继续研究了视网膜—上丘—丘脑枕核—视皮层通路中的返回抑制回路、上丘深层神经元和返回抑制回路的关系以及这些神经元回路在扫视抑制中的功能作用。他发现：

视网膜—上丘—丘脑枕核—视皮层通路也存在返回抑制回路。实验证实，丘脑枕核—视皮层通路中也和外膝体一样存在返回抑制回路，其返回抑制中间神经元位于丘脑网状核的腹侧部，它们被丘脑枕核输出神经元轴突侧支兴奋，返回来再抑制枕核神经元。返回抑制中间神经元之间也有交互抑制作用。

上丘深层神经元和家兔外膝体的返回抑制回路及视网膜—上丘—丘脑枕核—视皮层通路返回抑制回路的关系。刺激上丘深层可以通过兴奋中央外侧核而兴奋丘脑网状核中的外膝体返回抑制中间神经元，使外膝体的中继神经元受到抑制，视束—外膝体—视皮层通路的活动受到抑制。刺激上丘深层也可以兴奋位于丘脑网状核的丘脑枕核—视皮层通路的返回抑制中间神经元，从而抑制丘脑枕核的输出神经元。也就是说，刺激上丘深层可同时兴奋外膝体和丘脑枕核的返回抑制通路，使外膝体—视皮层通路和丘脑枕核—视皮层通路同时受到抑制。

扫视抑制的神经元回路。心理物理实验的结果证明，在人和动物的眼球做扫视运动时，视觉通路受到短暂抑制，以避免出现视觉影像随眼球的移动而移动的现象。由于已知眼球扫视运动起源于上丘深层，从以上的研究结果可以看出，扫视运动时视觉通路被抑制，与上丘深层神经元同时兴奋了外膝体和丘脑枕核的返回抑制通路有关。由于两条视觉通路因返回抑制通路被激活而受到短暂的抑制，在眼球做扫视运动时视觉输入被阻断，产生了扫视抑制。扫视抑制的解除则可能与返回抑制神经元间的交互抑制有关。罗蒂荪在实验中观察到的由激活返回抑制通路所引起的视觉通路的抑制时程，与以前报道的心理物理实验中所看到的扫视抑制的时程也是相符的。所以，由上丘深层发起的对两

条视觉通路中的返回抑制通路的兴奋，是产生扫视抑制的神经元回路的基础。

罗蒂荪的这项研究首次说明了扫视抑制的机制，对视觉系统生理机制的研究做出了新贡献。

参考文献

罗蒂荪：家兔外膝体神经元回路的研究，《生理学报》，40：1～12，1988。

Zhu，J. J. and Lo，F. S.（罗蒂荪）：Time course of inhibition induced by a putative saccadic suppression circuit in the dorsal lateral geniculate nucleus of the rabbit，*Brain Res. Bull.*，41：281～291，1996。

Zhu，J. J. and Lo，F. S.（罗蒂荪）：Physiological properties of the output neurons in the deep layers of the superior colliculus of the rabbit，*Brain Res. Bull.*，38：495～505，1995。

Lo，F. S.（罗蒂荪）and Zhu，J. J.：Lack of visual suppression in the rabbit lateral geniculate nucleus during blink reflex，*Brain Res.*，767：176～179，1997。

Zhu，J. J. and Lo，F. S.（罗蒂荪）：Recurrent inhibitory interneurons of the rabbit's lateral posterior-pulvinar complex，*J. Neurophysiol.*，78：3 117～3 124，1997。

（吴建屏）

生物信息学

(Bioinformatics)

生物信息学（Bioinformatics）是一门生物学与信息学交叉的年轻学科，旨在研究生物系统与过程中的信息量与信息流，以便支持生物医药、农业和环保等领域的研发计划。其中基因组信息学、结构生物信息学（Structural Bioinformatics）和神经信息学（Neuroinformatics）是较热门的分支。生物信息学由数据库、应用软件和因特网三大要素组成。70年代Sanger等人开始病毒基因组的测序工作，吸引了众多计算机科学家、数学家和物理学家加盟，以实现数据在线采集、建立数据库以及数据处理、分析、显示和流通等目的。经过近十年的努力，取得了一批崭新的成果，分别收录于1982年、1984年和1986年的《核酸研究》（*Nucleic Acid Research*）的特刊中。随后蛋白质序列库PIR与SwissProt、核酸序列库GenBank与EMBL以及蛋白质结构库相继提供服务。这些计算分子生物学工作和数据库建设为1990年生物信息学的诞生准备了科技条件。1986年美国科学家Dulbecco在*Science*上发表题为"癌症研究的转折点——测定人类基因组序列"的文章，在科技界引起了强烈反响。经过激烈的辩论后，终于在1990年公布了美国的人类基因组计划，随后形成国际人类基因组计划。在它的第一个五年计划中，第三项目标是基因组信息学，要求研发有效的应用软件与数据库，以支撑大规模图谱与测序以及诠释基因组信息。同年，在美国佛罗里达州会议中心召开第一届国际生物信息学会议（在第二届国际会议上正式铸用Bioinformatics一词）。到1998年已是第七届会议，其议题包括作物基因组学、基因识别、基因组比较、基因组功能分析和DNA芯片信息学等。我国的生物信息学工作是逐步发展起来的。80年代初仅在中国科学院上海生物化学研究所与生物物理研究所和内蒙古大学物理系开展一些计算分子生物学的工作，像RNA二级结构预测、分子动力学、核酸序列的统计分析和蛋白质二级结构预测以及精神分裂症的脑复杂度分析等。至1986年，"863"计划支持几个单位用计算生物学实施蛋白质工程，它们是中国科学院的上海生物化学研究所、生物物理研究所和上海药物研究所，以及北京大学

化学系和中国科大生物学系。1990年，中国科学院上海生物化学研究所丁达夫研究组、生物物理研究所陈润生研究组和昆明动物研究所刘次全研究组率先开展生物信息学研究工作和实施相应的博士生与博士后培养计划。北京大学化学系与生物学系也分别开放PDB（蛋白质结构库）和EBI（欧洲生物信息学研究所）映像数据库服务。于1992年中国生物物理学会召开的以“蛋白质工程、基因组分析与非线性生物学”为主题的全国首届生物信息学会议，比首届国际生物信息学会议仅晚2年，但没有引起管理层和科技界的注意。不久，国际“基因组计划”变得十分火热。国内随即成立中国科学院国家基因研究中心和中国人类基因组南、北研究中心，开展“水稻基因组计划”和“人类基因组计划”。具有戏剧性的是，中国科学院遗传研究所的人类基因组北京中心（简称北京中心）异军突起，克服重重困难，终于在1998年8月11日开张。以杨焕明为首的“北京中心”代表中国承担国际人类基因组计划中1%的任务，即3号染色体短臂上的一个约30 Mb区域的测序。它成为中国各个基因组项目中最具影响力和实际产出最明确的主要部分。由此，生物信息学顿时成为公众宠物甚至角逐的战场。

除此之外，1993年美国国立健康研究院（NIH）宣布实施“人脑计划”。在头五年中主要发展神经信息学（Neuroinformatics），并于2000年6月在*Nature*杂志发文提议建立国际神经信息网络。国内与此差距甚大，但仍有积极响应。

国际生物信息学成就　人类基因组计划的工作方式在生物领域中是前所未有的，是采用了工业化模式的大科学工程。生物信息学解决了由此产生的海量信息的收集、存储、处理、共享、交流、服务和开发等挑战性问题。至今即将完成或已经完成测序的有人、褐鼠、黑腹果蝇、秀丽线虫、拟南芥、水稻等真核生物以及30多种微生物。其中重大的成就有：

1. 整基因组的测序原理和装配方案的提出和实行。从70年代简单病毒基因组测序开始到如今实施整基因组测序和装配（由Celera公司），历经了整整20年的努力。

2. 从装配成的基因组序列预测基因，提示蛋白质功能、功能分类，最后构成面向对象的数据库（ACEDB），无不依赖于生物信息学的支持。

3. 后基因组的发展（结构基因组学、功能基因组学、疾病基因组学、药物基因组学和环境基因组学等）更离不开高效、灵敏和准确的生物信息学。其中方阵信号检测（如DNA/Protein chip）的统计分析和多个基因组间的平行比较是典型的例子。

国内生物信息学的发展状况　与国际上生物信息学的重大成就相比，我国的状况可分为三层：一是序列基因组学（图谱与测序）中所用的生物信息科技（软、硬件）多半从国外移植和拷贝；二是依靠国外生物信息中心（例如EBI和NCBI等）建立北京生物数据映像中心；三是中国生物信息学的本土基础力量虽势单力薄，但经辛勤工作仍取得了一些好的结果。

1. 中国科技大学施蕴渝成功地发展了分子动力学，用于模拟配体与受体的结合、预测蛋白质溶液的构象以及实施蛋白质工程。尤其是她将分子动力学和量子化学程序相结合，可以模拟酶促反应及其动力学效应，是国际上少数成功事例之一，且被国际期刊频频引用。

2. 中国科学院生物物理研究所陈润生研究组是国际上率先利用EST（基因表达标记序列）数据库实施大规模基因电子克隆的少

数先导者之一。他还发现基因组的junk DNA序列（即不编码基因的DNA 序列）可能存在特异的编码方式且与基因组的调控网络相关联。在上述“北京中心”著名的测序工程中，他还是数据收集与数据库建设的实际策划者。

3. 中国科学院上海生物化学研究所丁达夫研究组根据分子生物学的序列、结构和功能的基础关系在三个方面得到了好结果：(1) 从序列模建蛋白质的三维结构，其中关键的一步是序列—结构联配。(2) 蛋白质分子设计。其中创新之处是氨基酸序列选择、侧链构象安装和主链骨架柔性的平行组合筛选，以及在小分子骨架上嫁接功能活性区。(3) 基因组功能预测。其特点是发展了进化踪迹法（evolutionary trace），预测蛋白质分子功能的正确率比通常的同源比较方法高得多，而且还能延拓到对细胞生化功能（代谢途径与调控网络）的预测。

4. 中国科学院昆明动物所刘次全研究组除了在蛋白质结构预测方面有所贡献外，还花了很多精力去比较mRNA 的折叠结构与编码的蛋白质的三维结构，发现mRNA 分子不仅携带一维遗传信息而且还蕴含蛋白质的折叠信息。这是一项出人意料的难题，但有不同的推论——例如，“这种现象对原核生物大肠杆菌几乎是没有的；而对哺乳类真核生物是存在的”。

5. 其他方面。应用序列同源性搜索和上述基因电子克隆技术，大大加快了新基因的发现。例如夏家辉研究组发现了遗传性高频耳聋的疾病基因以及克隆了新的蛋白质激酶基因*DyRk*3 和识别了人的*auxilin* 基因。中国科学院遗传研究所杨焕明研究组亦用此技术克隆到人类核孔蛋白155（Nup 155）。

21 世纪的生物信息学　获得人类基因组全部序列的确是伟大的创举，但仅是万里长征的第一步。它的最终目的是，用沟通表观型信息与基因型信息来破解生命的奥秘。在可预见的将来，它的重中之重的目标是“基因组的功能”。

基因组的功能是什么？如何表示功能？如何按功能分类？功能至少有三个层次：分子功能（如配体与蛋白质结合）、细胞功能（如代谢途径与调控网络）和生理功能。功能分类是当前功能基因组学中的迫切任务，像基因本体论计划（Gene Ontology Project：http：//www. geneontology. org）就是一个好的开头。

基因表达图谱（如DNA chip 或DNA microarray）原则上可了解整体细胞基因表达信息，是基因组功能分析方面的重要进展。然而，细胞或组织中的mRNA 丰度与蛋白质丰度的统计相关性是不显著的（在人肝细胞中是0.48，在酵母中小于0.4），因此基因组的后翻译修饰及其与环境的相互作用对于理解生命的功能活动是不可缺少的，从而必须开展蛋白质组学和环境基因组学的研究计划。毫无疑问，面对这些巨大系统工程，生物信息学看到的既有挑战，又有机遇。

参考文献

丁达夫等：同源蛋白质三级结构的预测，见：《理论物理与生命科学》，上海：科技出版社，1997。

Xie，T. and Ding，D. F. （丁达夫）：The relationship between synonymous codon usage and protein structure，*FEBS Letters*，434，93～96，1998。

解涛，丁达夫：基因组功能预测的进化印记方法，《生物化学与生物物理学报》，31（4）：433～439，1999。

Shi，Y. Y. et al.：Can the stability of protein mutants be predicated by free energy calculations，*Protein Engineering*，6（3）：289～291，1993。

唐广，陈润生：用序列周期性指数寻找Alu 序列编码方式，《生物物理学报》，13：243～249，1997。

罗辽复:《生命进化的物理观》,上海:科技出版社,2000。

(丁达夫)

生物技术
(Biotechnology)

生物技术是在生命科学若干重要分支学科,如分子生物学、细胞生物学、遗传学、微生物学等学科领域长期发展和积累的基础上产生的一个高技术领域。70 年代初,以重组DNA 技术(1973)和淋巴细胞杂交瘤技术(即单克隆抗体,1975)两项技术的发明为标志,诞生了一个新的高技术领域——生物技术(也称生物工程,Biotechnology)。生物技术是以生命科学为基础,利用生物体系(组织、细胞及其组分)的特性和功能,设计、构建具有预期性状的新物种或新品系以及与工程原理相结合进行加工生产,为社会提供商品和服务的一个综合性技术体系。90 年代以前,根据我国的实际情况和大多数学者的意见,生物技术主要包括基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程;随后,由于新的分支领域和新的生长点不断涌现,如生化工程、蛋白质工程、胚胎工程、免疫工程等,不断打破原来分类的框架,目前较通行的生物技术分类为:农业生物技术,医药生物技术,轻工、化工生物技术,海洋生物技术,环境生物技术。

由于生物技术对解决人类面临的重大问题,如人口膨胀、粮食短缺、环境污染、疾病危害、能源匮乏、生态失衡以及物种消亡等开辟了广阔的前景,所以,它同信息技术、航天技术、自动化、新材料、新能源等高技术一样为各国政府和企业界所关注和重视,各国政府竞相制订发展计划,政府和企业界投入巨资,国家实行优惠政策,促进生物技术的发展。以生物技术为研究开发对象的公司、企业在世界各国特别是发达国家如雨后春笋般建立起来。二十多年来,在国际上,生物技术的研究、开发以及产业化发展迅猛,已有上百种多肽蛋白类药物、细胞因子、单抗及近十种反义核酸或寡核苷酸类药物进入临床试验,其中,有39 种已成为商品投放市场。到20 世纪末,美国生物技术工业产品销售额约500 亿美元,全世界生物技术产品销售额约1 000 亿美元。转基因植物和动物有重大突破。全世界批准进行田间试验的转基因植物已超过千例。在近期内,抗除草剂的大豆、抗病毒病的番茄、抗虫棉花等将进入市场,成为农业生物技术的第一批成果;转基因的瘦肉型猪、高产奶的转基因牛和可从奶中提取药物的转基因羊等也将进入实用化阶段。

我国的生物技术在70 年代中期开始起步,已经走过20 年左右的历程。党和政府对这一新兴的高技术领域,从一开始就给予高度的重视。70 年代末期把遗传工程(80 年代以后统称生物技术或生物工程)列为我国八大科技领域之一给予重点支持。1986 年以前的七八年间是我国生物技术的初创阶段。中国科学院和一些高等院校生物学基础研究实力较强的单位率先开展基因工程和杂交瘤技术的研究。接着,全国许多部门纷纷派遣访问学者到国外学习基因工程和杂交瘤技术。国内许多单位也相继开展基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程的研究,为我国生物技术的发展奠定了基础。这个阶段,我国生物技术的特点是全面学习跟踪国外,发展水平以基因工程为例,还处于"国外元件、国内组装"的阶段。1986 年以后的这十几年是我国生物技术发展的黄金时期。从第七个五年计划开始连续三个五年计划,生物技术都被列为国家科技攻关项目;从1987 年开始生物技术被列入国家高技术计划;国家自然科

学基金也重点支持生物技术的重要基础研究；国家计委和国家科委又支持建立了一批生物技术国家重点开放实验室。由于国家对生物技术给予较强的经费支持和采取一系列有力的措施，从1986年以后的这十几年，我国生物技术得到蓬勃的发展：从事生物技术研究、开放、管理等具有中级职称以上的科技人员超过5 000名。一批学成回国的中青年生物技术专家活跃在生物技术领域，成为该领域的骨干。国内在研究开发实践中也培养造就了一批中青年骨干。这两部分人才成为跨世纪的生物技术骨干力量。形成了医药生物技术、农业生物技术、轻工化工生物技术、海洋生物技术等上、中、下游综合门类齐全的生物技术研究、开发、生产的体系，做出一批具有较高水平的生物技术研究成果或专利，开发出一批生物技术产品并进入市场。

1986年以来我国生物技术研究、开发的成果有：

一、医药生物技术方面

1. 已研制出的基因工程药物有：干扰素、新型干扰素（α、β、γ）、促红细胞生成素（EPO）、人生长激素、白细胞介素-2、新型白细胞介素-2、白细胞介素-3、肿瘤坏死因子、新型肿瘤坏死因子、集落刺激因子（G-CSF、M-CSF、GM-CSF）、组织纤溶酶原激活剂（tPA）、人表皮生长因子、人血小板生长因子、胰岛素样生长因子、水蛭素、降钙素、尿激酶原、链激酶、天冬酰氨酶、超氧化物歧化酶等。

2. 单克隆抗体体外诊断已进入实用化阶段。已研制出乙型肝炎表面抗原、流行性出血热、抗人T淋巴细胞亚群、风疹病毒、黑热病、抗人绒毛膜促性腺激素、霍乱、抗人白细胞相关抗原、抗人免疫蛋白系列、脊髓灰质炎病毒、呼吸道合胞病毒和登革热等的单抗试剂盒，并已全部通过检定，有的已获新药证书和生产文号。^{131}I-Hab18肝单抗可用于肝癌病人显像诊断和导向治疗，是我国批准的第一个用于肿瘤病人体内导向治疗的单抗放射药物。

3. 基因治疗初获可喜成果。1991年，复旦大学与上海长海医院合作进行国内首例B型血友病基因治疗的临床试验获得成功；脑恶性胶质瘤基因治疗已完成临床前试验，即将进入临床试验。

4. 用转基因动物生产药物的研究也初见成效：中国科学院发育生物学研究所与扬州大学农学院合作，已成功构建在乳腺中高效表达EPO的转基因山羊50只；上海医学院遗传所获得5只能表达凝血因子IV基因的转基因羊。

二、农业生物技术方面

1. 两系法水稻杂交优势的利用是我国首创，十几年来取得了举世瞩目的成就。已先后育成具有实用价值的粳型光敏核不育系4个，其中N5047S是国内外最早用于生产的两系法不育系。在籼型不育系的选育上也取得突破性进展，育成籼型光敏核不育系W9451S。

2. 成功构建抗烟草花叶病毒（TMV）病的转基因烟草，已完成大田试验。基因工程抗虫棉花取得重大突破，获得一批抗棉铃虫的转基因棉花，对棉铃虫的杀虫率高达80%以上。此项成果已达到国际同类研究水平。

3. 用花药培养、染色体工程等育种新技术培育出水稻、小麦、油菜、甘蔗、橡胶等一批作物新品系、新种质。其中较突出的京花3号、小偃107号小麦和中花10号水稻新品种具有优质、高产、抗病、抗盐碱等特性，已经在生产中推广应用。

4. 植物组织培养快速繁殖研究、开发，经过“七五”攻关，技术已趋成熟，试管苗工厂化生产已经实现，建立了葡萄、苹果、香

蕉、甘蔗等设备生产线，广东等地建立了香蕉、花卉等试管苗生产工厂，在经济作物和果木生产上发挥了作用。

5. 转基因技术在家畜及鱼类育种上初见成效。中国科学院水生生物研究所在世界上率先进行转基因鱼的研究，成功地将人生长激素基因、鱼生长激素基因导入鲤鱼，育成的当代转基因鱼生长速度比对照快，并从子代中测得生长激素基因的表达。中国农业大学生物学院瘦肉型猪基因工程育种取得初步成果，获得第二、三、四代转基因猪215 只。

三、轻工、食品生物技术方面

经过三个五年计划的攻关，轻工、食品领域的一些主要产品的发酵水平有大幅度的提高，明显地缩小了与国际先进水平的差距：三大酶种（淀粉酶、糖化酶、蛋白酶）的活力大幅提高；食品加工用酶制剂品种配套，特别是高温α-淀粉酶的开发及其在淀粉、啤酒和味精生产上应用，很快在全行业得到推广。一批成熟的科研成果已转化为现实生产力，如L-乳酸、L-苹果酸、衣康酸、发酵甘油以及酶法生产L-苯丙氨酸和天冬氨酸二肽甜味剂的合成新工艺等在技术上取得重大突破。大型节能生物反应器研制成功并在味精、柠檬酸、衣康酸工业生产上应用，能耗较传统发酵降低30％。结合多指标的生物传感器的开发为我国发酵工业逐步实现生产过程计算机控制打下了良好基础。

四、海洋生物技术方面

我国海洋生物技术尚处于起步阶段。我国在世界上首次研究成功海带的单培体育种技术、紫菜的体细胞育苗技术、对虾的三倍体与四倍体育苗技术、对虾精荚移植技术等。在海水鱼、贝类的三倍体育苗技术和鱼类性别控制技术的研究也取得了重大进展。在代谢产物的研究开发方面，利用海藻生产的褐藻胶、琼脂、卡拉胶在世界上占有重要地位。继用海带制碘和甘露醇之后，又开发了各种医用品，如降血脂的甘露醇烟酸酯和抗血栓新药——藻双酯钠。利用甲壳素和甲壳胺已制成864 人工皮肤、创伤愈合海绵、作化妆品的类透明质酸等新产品。从南海的软体动物和腔肠动物中初步筛选到抗血凝、降血压、防治心血管病、抗病毒、抗癌的活性物质。

以上是我国生物技术各领域的主要研究开发成果。从总体来看，我国生物技术和发达国家相比较，还存在较大的差距，这主要表现在具有自己特色、自主研究开发的工作不多，具有自己知识产权的研究成果较少。生物技术的产业化刚刚起步，虽然有将近10 种的基因工程药物已经批准投入生产，还有一批基因工程药物已经进入临床试验，但重复开发、生产的现象十分严重。

在20 世纪末，回顾过去生物技术的发展方兴未艾，展望未来生物技术的前景更是灿烂辉煌。1990 年开始的人类基因组计划是当今生命科学的一项最伟大的科学工程，它将对21 世纪的生命科学和生物技术产生深远的影响。2003 年人类基因组30 亿碱基对的顺序全部测定（同时还有一批模式生物的基因组全序列被测定）后，将进入后基因组时代。功能基因组学、比较基因组学以及农业基因组学、环境基因组学、药物基因组学、蛋白质组的研究将逐步阐明基因及其产物的结构和功能、染色体的高级结构、基因调控机制及网络。这些研究将有力地开拓和推动21 世纪的医药、农业、环境科学的发展，是生物技术发展的第二个里程碑。

基因治疗、细胞治疗、组织工程将在21 世纪成为医学中的重要组成部分，用于治疗药物无法治愈的疾病。

生物信息学是生物学、计算机科学、数学、理论物理学等多学科交叉的前沿学科。生物信息学将在“后基因组”时代的生命科学

研究中发挥愈来愈重要的作用：将有助于读懂人类基因组全部信息，发现人的各种决定特定疾病的相关基因；将有助于动植物良种繁育以及药物设计理论和方法的改进与提高。

DNA 芯片技术集基因组信息、半导体技术和机器人技术之大成，是生物技术的一个新生长点。DNA 芯片技术将广泛地应用于基因的测序、新药的筛选、疾病的诊断等，它在临床医学、农业科学、环境科学等领域有广泛的应用前景，在21 世纪将有可能发展成为一个新兴的产业。

以“多莉”羊为标志的克隆技术是动物细胞工程的新成就，它的重大意义在于预示了生物技术可以操纵包括人类在内的哺乳动物的自然繁殖过程，造福于人类；另一方面也预示它可能干预人类的进化过程和社会生活而带来一系列社会伦理学问题。对此我们必须有充分的思想准备。

转基因动物和克隆技术相结合，将为动物优良品种培育和用动物个体作为生产各种药物的“生物反应器”开辟了广阔的前景。此外，转基因动物作为人类异体器官移植的供体，是解决异体器官移植供体不足问题的曙光。转基因猪是人异体器官移植供体的器官、组织来源的首选动物。

上述这些生物技术的新领域和新生长点，为21 世纪生物技术开辟了无限广阔的前景。生物技术及其产业将继信息技术及其产业之后，成为21 世纪最诱人的高技术领域和国民经济的支柱产业；将对人类生活水平和健康质量的全面提高、人类赖以生存的环境从根本上得到改善做出巨大的贡献。

参考文献

国家科学技术委员会：《生物技术发展政策》，北京：科学技术文献出版社，1990。

中国科学院生物科学与技术局：《国家“七五”攻关项目——生物技术成果简介》，中国科学院印刷厂，1990。

863 生物技术专家委员会：《中国生物技术的崛起》，国家科委生物工程中心，1996。

孟广震主编：《中国科学院生物技术研究进展》，北京：科学出版社，1998。

翁延年，张树庸：回顾与展望——国内外生物技术发展情况简介，《生物工程进展》，18：(5)，5～10，1998。

（翁延年）

酶工程

(Enzyme Engineering)

酶是生物体内新陈代谢，如生物分子的分解、合成、氧化、还原、转化等诸多反应得以进行的生物催化剂。生命活动的千变万化和活跃旺盛正是基于酶催化的高度专一性和高效性。迄今已从自然界发现了3 000余种酶。随着近代酶学对酶的结构、功能有了精确的认识和微生物深层发酵技术的突破，导致了20 世纪50 年代酶制剂工业的大发展。其标志是蛋白酶和淀粉水解酶为主的几十种微生物酶的商业化。酶作为生物催化剂在食品、纺织、家用洗涤剂、医药工业生产、农产品后加工和临床诊断中广泛应用。然而所应用的酶的种类与科学上发现的酶的数量相比还是很少，应用的技术深度上还有极大的发展余地。主要的问题还在于酶的使用和储存过程中的稳定性及应用中的操作技术有待于进一步提高。

1966 年，Katchalski 在国际生物化学年鉴上发表了第一篇“固定化酶”综述。Chibata 等首次报道了氨基酸酰化酶在拆分乙酰-DL-氨基酸，生产L-氨基酸方面获得工业应用的成功。从体内酶模型出发的基础研究，特别是从酶的实际应用出发，世界上日益增多的注意力聚焦在酶的固定化上。研究证明，固

定化能阻止酶蛋白肽链的伸展，从而提高酶的稳定性;固定化酶固相催化溶液中的底物;固定化酶采用填充床或搅拌罐方式实现连续或分批操作；工作寿命有很大的延长。人们称为“第二代酶”的固定化酶克服了常规酶制剂在水溶液中的不稳定性，而且赋予了固相催化和在可以采用易调节控制的反应器中实现长期运转的优点。固定化酶在实际应用中显示了强大的潜力。1971 年首届酶工程会议在美国召开，来自近20 个国家的科学家交流学术报告，讨论和规划了酶工程的前景，标志着酶工程的诞生，预示着更迅猛的发展。酶工程由酶的生产、酶的纯化、酶的固定化和生物反应器四部分组成。当时，美国把酶工程作为“国家需要的技术”加以扶植，日、德、法等国也陆续把酶工程与基因工程、细胞工程作为当代生物工程三大支柱加以发展。世界各国政府和企业纷纷投入经费和力量支持酶工程应用研究。

30 多年来，大量固定化方法已经出现，主要为载体吸附、分子间交联、载体共价耦联和包埋这四大类技术。而且，随着时间的推移，固定化的生物催化剂也在扩大：从单一酶 →多酶→细胞，又从形体小的微生物细胞→形体大的植物细胞→最娇贵的哺乳动物细胞和近代发展起来的基因重组细胞。在应用中，各种各样的填充床、搅拌罐以及流化床反应器被发展起来。每年有成百上千的酶工程研究论文和专利涌现。对酶本质、结构和功能的认识，导致人们通过化学修饰和固定化对酶分子进行改造，使之更加符合人类的需要。酶工程的研究和开发主要着眼于酶在医药、食品工业和医学的实际应用。多种固定化青霉素酰化酶在欧洲研制成功并用于催化裂解青霉素，并能长期用于生产，免去了使用有毒试剂的危险，并大幅度降低了成本，取代了传统的化学生产工艺，从而为新青霉素合成提供了大量廉价的关键中间体6-APA和7-ADCA。国际糖价的上涨刺激了葡萄糖异构酶的开发。由于固定化酶高效、稳定的转化，以及玉米综合利用的成功，所生产的果糖浆已占美国食糖耗量的1/5，其生产规模和产量在固定化酶工业中居首位。近10年日本Nitto 公司一直在完善腈水合酶转化丙烯醛生产丙烯腈的工艺。十分令人振奋的是转化率达99.98%，产物在转化液中可达500 g/L，这是酶法催化成功应用于化工生产的首例。全世界还有10 种以上固定化生物催化剂实现了工业规模应用。更有大量的应用研究和开发工作，如固定化细胞用于类固醇转化、固定化植物细胞转化合成生物碱和抗癌药、固定化酶开发酱油制造新工艺等。生物传感器的构建是将酶、抗原、抗体、专一性蛋白质等生物化学物质用固定化技术制得生物功能元件，再联合物理、化学换能器（如电极、场效应管、光敏器件等）形成生物传感器。生物传感器已用于临床诊断、发酵过程监控以及环境农药的监测。亲和层析是利用酶和抑制剂、酶和抗酶、激素和激素受体、抗原和抗体之间具有高亲和力，将矛盾的一方固定化，便可制得高度专一地纯化另一方的亲和吸附剂。亲和层析被誉为“一步纯化”的技术，可从粗抽提液经过亲和层析一步即获得电泳纯产物且回收率可达95%以上，并已在生物制药和基础研究中广泛应用。微囊化大鼠β-胰岛细胞注入患糖尿病大鼠后能降低血糖浓度并长期维持血糖正常水平。近几年，此技术应用于固定化重组人体细胞，作为基因治疗的一条途径而受到重视。非水相酶催化是近10 年研究的热点。一反常规，酶在非水介质有机溶剂/水共溶剂、含微量水的非极性溶剂、胶束、反相胶束中，乃至超临界液体中进行催化，可广泛应用于拆分生产手性化合物，进行酯水解、合成和转酯反

应，及多肽、高聚物等有机化合物的合成。固定化酶甚至可以完成化学方法无法进行的反应。到20 世纪90 年代交联酶晶体（CLEC）才引起了大家的注意，尽管酶结晶交联早在70 年代已有文章报道。酶蛋白的微晶（1～200 μm）经戊二醛交联成为高活力、微孔、水不溶性颗粒。相比于原酶，几种商品化的CLEC对热和水共溶剂的稳定性提高了2～3 数量级。相比于通常的固定化酶，CLEC 的单位容积活力和生产力均有明显提高。

20 世纪70 年代的中国酶工程

60 年代末，国际酶工程研究已呈雏形。为了加速生物催化剂——酶在实际中的应用，1970 年中国科学院上海生物化学研究所和中国科学院微生物研究所相继成立了固相酶组。在邹承鲁先生的引导下，上海生化所率先从我国一种染料中间体对位酯591（对-β-硫酸酯乙砜基苯胺，SESA）开发了一系列具有苯胺基（ABSE－）多糖载体。这是我国独创而且已获得广泛应用的载体。70 年代初，为配合我国人工合成tRNA，生化所用ABSE－Sephadex G200 固定化酵母核糖核酸酶，并在上海试剂二分厂用固定化酶水解RNA 生产3′-单核苷酸试剂。尽管规模不大，却是我国固定化酶最早在工业上的应用。不久，用ABSE－蔗渣纤维素共价耦联了桔青霉5-磷酸二酯酶，通过小试、中试，最后在广东江门甘蔗化工厂进行了500 L 搅拌罐中25 kg 固定化酶水解RNA 生产5′-单核苷酸，为ATP、CTP 等核苷酸类药物的生产提供高质量的原材料。这是我国首次进行较大规模的固定化酶生产。上述固定化酶工艺在提高产物纯度、提高酶的生产率和降低成本等方面都十分明显。生化所又在ABSE 交联琼脂糖上固定化了碱性磷酸酯酶，用于人工合成tRNA，并且固定化酶柱在30 ℃水解5′核苷酸生产核苷，连续运转40 天不失活。微生物所还报道了用ABSE－琼脂糖固定化多核苷酸磷酸化酶，并开发了从IDP 和CDP 工业生产多聚肌苷酸（polyI）及多聚胞苷酸（polyC）。上述项目的研究和开发表明ABSE－多糖载体及固定化技术具有过程简单、蛋白质结合量高和活力高的优点。此后，国内多家实验室采用此技术固定化多种酶、酶抑制剂、抗体、血球凝集素等作为固定化生物催化剂和亲和吸附剂均获得很好效果。上海生化所和上海医工院合作研究了明胶包埋戊二醛交联技术固定化含青霉素酰化酶的大肠杆菌，并设计和构建了分层塔式酶柱，最后在上海第三制药厂进行了126 kg 固定化细胞装柱水解3%青霉素G，获得了工厂生产6-APA 的成功。酶柱在40 ℃连续7 个月进行了285 批水解，水解率不变，充分显示了稳定性好、工作寿命长的特点。同时，微生物所则采用琼脂/戊二醛包埋大肠杆菌（含青霉素酰化酶），在山西太原制药厂获得了工厂生产6-APA 的成功。微生物所又采用琼脂及聚丙烯酰胺包埋含天冬氨酸酶的大肠杆菌进行将反丁烯二酸转化为L-天冬氨酸的生产。这项研究为国内80 年代工业生产L-天冬氨酸和L-苹果酸奠定了基础。

除了上述共价法、包埋和交联法外，离子吸附技术也得到发展。上海生化所用DEAE－Sephadex A25 吸附米曲霉酰化酶，用于改革上海生化所东风生物化学试剂厂生产L-氨基酸的工艺。固定化氨基酰化酶柱被用于拆分水解乙酰-DL-氨基酸生产L-Trp 和L-Phe。本项技术在80 年代扩大应用于非天然氨基酸的拆分。固定化氨基酰化酶从乙酰消旋体中光学拆分生产D-对甲氧苯甘氨酸和α-氨基丁酸，两者均获得中试成功，为D-对羟苯甘氨酸及盐酸乙胺丁醇的研制提供了新途径。微生物所将黑曲霉糖化酶离子吸附于DEAE－Sephadex A50，固定化酶在搅拌

罐中使淀粉液水解为葡萄糖。随后又进一步和中科院上海硅酸盐研究所合作开发了烷氨基微孔玻璃，利用戊二醛共价结合糖化酶的技术，在杭州味精厂进行了固定化糖化酶生产葡萄糖的中试，取得满意结果。

鉴于“固定化磷酸二酯酶生产5′-单核苷酸新工艺”为国际首创并获得工业应用，以及“固定化细胞（含青霉素酰化酶）生产6-APA新工艺”为国内首创和工业应用，这两项固定化酶工艺于1979年相继获得了国家发明三等奖。这既是对过去10年酶工程研究的肯定，也寄托了国家对酶工程未来的期望。

80～90年代的中国酶工程

1980年开始的四个科技攻关的五年计划对酶工程有关的课题进行了支持，再加上一批访问学者的归来，都给酶工程发展输入了强大的活力。研究队伍从过去的两个研究组一下子增加了20倍以上。中国科学院、中国医学科学院、军事医学科学院、各地大学、部属研究所、地方研究所、工厂等都成立酶工程课题组。1990年又迎来了第一次中日酶工程学术讨论会（无锡），迄今已有六次会议在中、日两国召开，对我国酶工程的发展起了推动作用。1997年10月，第14届国际酶工程会议在北京召开，这是美国工程基金会第一次在中国召开会议，会议是成功的，有20个国家代表与会。

β-内酰胺抗生素有关的酶　固定化青霉素酰化酶是国家攻关的重点项目。“八五”期间首先在酶源上取得突破。中国科学院上海药物所构建了高产青霉素酰化酶的重组大肠杆菌，随后又与中国科学院大连化物所合作研制中空纤维固定化重组细胞，并在工厂中进行了6-APA生产试验。微生物所则发展了巨大芽孢杆菌发酵生产胞外青霉素酰化酶，发酵液中最高酶活可达8.2 U/mL，并将酶成功地耦联于合成纤维，所制成的固定化酶可裂解10%～12%青霉素。经过中试，进一步进行了工业规模生产6-APA和7-ADCA。上海生化所与上海第四制药厂合作研究了以经工厂使用的失活的固定化酶为材料，经过处理重新活化青霉素酰化酶，获得了单位载体活力和工作稳定性可与同类进口固定化酶相媲美的固定化酶。“八五”期间，中国科学院上海植物生理研究所用原生质体融合技术获得含D-氨基酸氧化酶的三角酵母多倍体菌株，又和生化所合作，用DNA重组技术获得含高活力的GL-7-ACA酰化酶的大肠杆菌。用这两种菌分别制成固定化细胞和固定化酶，并顺序用于催化头孢菌素C转化成7-ACA（一种半合成头孢菌素的关键材料）。

对于半合成β-内酰胺抗生素的侧链原材料D-氨基酸类酰基供体的生产，国家科委也组织了攻关。微生物所、上海医工院和山西省生物研究所等各自研究了含有乙内酰脲酶和甲基水解酶的微生物，并开发了生产工艺。目前山西省生物研究所已用细胞转化生产D-苯甘氨酸和D-α-羟基苯甘氨酸，年产约200吨。

生物传感器　80年代初，中国科学院微生物所、上海生化所、上海冶金所、上海电子所、武汉病毒所和长春应化所等，都对多学科交界面上出现的生物传感器表现出极大的兴趣。不久，华东理工大学、复旦大学、武汉同济医学院等高校也纷纷加入。将生物功能元件和电极、光纤、热敏传感器等物理元件或化学元件组合形成多种生物传感器。上海生化所和冶金所研制了十分稳定的葡萄糖氧化酶膜，和铂氧电极构成酶电极和葡萄糖测定仪，并用于临床血糖测定、发酵与动物细胞培养过程中葡萄糖的监测和控制，而且进一步扩展到油菜籽中硫代葡糖苷的检测。样品的微量和测定的简单、快速、准确给人以深刻印象。生化所又研制了以乙酰胆碱酯

酶场效应管为基础的传感器，可用来检测ppm 至ppb 水平的有机磷和氨基甲酸酯类农药的存在。特别可喜的是，山东省科学院生物研究所已经开发和商品化了测定葡萄糖、谷氨酸、乳酸、尿素、转氨酶、糖化酶、胆碱、次黄嘌呤等生物传感器，广泛用于发酵过程检测、体育训练的科学化和保健食品的检测等。多年来，中科院微生物所开发了一批临床检测用的酶试剂盒，很多种已商品化。

固定化细胞酶法生产丙烯酰胺　化工部上海农药研究所、中国科学院微生物所和上海交通大学各自将含腈水合酶的假单胞杆菌等微生物细胞固定化，并用固定化酶催化丙烯腈转化为丙烯酰胺。近年来，上海农药所已至少在7 个工厂实现了工艺规模生产丙烯酰胺，总的年产量超过10 万吨。这是我国迄今产量最大的固定化酶。

固定化微生物生产有机酸和酒精　维生素C 前体：在中科院微生物所发明的两步发酵法生产2-酮基-古龙酸（KGL）的基础上，上海生化所、华东理工大学和中国科学院上海生物工程中心合作研究了海藻酸钙共固定化蜡状芽孢杆菌和氧化葡萄糖酸杆菌，可反复用于从山梨糖生产KGL。上海生化所进一步用PVA 共固定化大、小菌，得到了机械性能和稳定性更好的固定化生物催化剂。每批转化所需时间和转化率有明显改进，可反复转化20 批，且具有改进工艺、提高生产力、降低成本的优点。作为配套工艺，用PVA 包埋发黑醋菌，并在气升柱中将D-山梨糖转化为L-山梨糖，转化率达95%。

苹果酸和天冬氨酸：80 年代开始用固定化细胞生产苹果酸和天冬氨酸。

酒精和啤酒：上海工业微生物所和四川大学开发了固定化酵母细胞，并分别在啤酒厂中生产啤酒。固定化细胞可缩短生产周期。四川大学用PVA 固定化细胞，颗粒富有弹性，而且在工厂中可反复用于酒精发酵，工作寿命超过1 年。

非水相中酶催化和手性药物的生产　近10 年来，非水相酶催化引起国内广泛的注意。中国科学院上海有机化学研究所进行了酶在有机化合物转化中的研究。微生物所、吉林大学、华东理工大学和浙江大学对脂肪酶在酯的水解、合成、转酯和手性药物的生产方面进行了很多有意义的探索。上海生化所则在辣根过氧化物酶在有机溶剂中的催化机理的探索、反相胶束中催化和酶的稳定化上做了有意义工作。浙江大学用酶法生产农药的手性中间体的技术已获得工业应用。华东理工大学用乌桕酯酶法增香已获得突破，正走向工业化。

固定化生物催化剂和高果糖浆　80 年代全国有几十个单位竞相研制固定化葡萄糖异构酶开发高果糖浆。主要的有轻工部食品发酵所、上海生化所、上海工微所、天津工微所、山东食品发酵所和南开大学等。他们所开发的固定化酶工艺基本上都可应用于生产。

微囊化动物细胞的医学应用　上海生化所发展了海藻酸/聚赖氨酸微囊化技术。微囊化重组成纤维细胞在生物反应器中呈三维生长，而且生产期延长，产物乙肝表面抗原(HBsAg)积累囊内，最后可获得杂质很少的富集的产物溶液。近年又将微囊化转基因细胞注入患帕金森症猴体内，可以明显改善其旋转行为。表明了此技术在医学基因治疗上的潜力。

猪血红蛋白的化学修饰及其在代血物中的应用研究　以血红蛋白为基础的代血物受到广泛注意。上海生化所研制的猪血红蛋白先以小分子活性剂DBBF 等修饰无基质猪血红蛋白，获得了α 亚基间交联的衍生物，增加了整个分子的稳定性，再以活化的mPEG 修

饰获得大分子化的稳定的猪血红蛋白。这些经大、小分子修饰的血红蛋白在别构效应调节剂存在下，获得了携氧和释氧能力好、四聚体稳定、分子量增大的效果。这将促进人造血液在我国的出现。

前景

酶工程随着生物工程的飞速发展会更充实，更能在我国的建设中发挥作用。基因工程的惊人发展给酶的改造带来极大的希望。近年来，上海生化所将巨大芽孢杆菌的青霉素酰化酶基因成功转入枯草杆菌。重组细胞表达青霉素酰化酶不再需要苯乙酸和温度变化的诱导，在发酵液中酶活最高可达50 U/mL。通过计算机的模拟，设计突变位点，通过蛋白质工程手段进行该酶的分子水平的改造，获得了对有机溶剂和对热更稳定的酶。这样的酶会更符合β-内酰胺抗生素合成的要求。用分子生物学的手段改造工业用酶，将为未来酶应用打下坚实的基础。

酶工程的蓬勃发展还在于其综合的全面发展。固定化载体和高效的固定化方法必须加强研究，还须综合发展酶法工艺，重点处理好开发研究与工厂实践间的“鸿沟”。美好前景需要多学科上、中、下游之间分工负责、齐心协力、不断改进，以实现更多酶的应用。

参考文献

袁中一，刘树煌，袁静明：《固相酶与亲和层析》，北京：科学出版社，1975。

袁中一：酶的固定化及固定化酶反应器，见：张树政主编：《酶制剂工业》，北京：科学出版社，349～384，1984。

袁中一：固定化酶，见：陈冠荣等编：《化工百科全书》，北京：化学工业出版社，11 分册，495～526，1996。

（袁中一）

基因工程

(Genetic Engineering)

基因工程是20 世纪70 年代初发展起来的一门新兴科学，由此而引发了当今世界各国所瞩目的生物技术。基因工程是用人工的方法把不同生物的遗传物质（基因）分离出来，在体外进行剪切、拼接、重组，然后再把重组体放回宿主细胞或个体中高效表达，最终获得人们所需要的、地球上缺少的基因产物。

基因工程的操作过程一般分 4 个步骤。(1) 用限制性内切酶切割供体细胞中的基因，分离出含有特定基因的片段，或人工合成目的基因，同时制备载体（质粒、病毒）；(2) 把获得的目的基因与制备好的载体用DNA 连接酶连接组成重组体；(3) 把重组体引入宿主细胞；(4) 筛选、鉴定出有外源目的基因的个体。

基因工程是改变生物体遗传特性的一个强有力的方法。采用工程设计的原理进行实验设计和实验操作，最终使受体生物获得新的、可预见的遗传特性。借助这一手段，人们可以打破物种间遗传物质交换的屏障，将来自不同种属、不同门类、甚至不同界生物的遗传物质转移到受体生物的细胞中。

经过20 多年的开发研究，作为生物工程的重要组成部分的基因工程已在工、农、医、能源、环保的应用中显示出越来越重要的地位，世界各国都制定计划并投入巨额资金快速发展基因工程。

基因工程的初创阶段　1972 年美国分子生物学家伯格(P. Berg)等完成了基因拼接的第一个实验，即DNA 重组实验。他们把来自两个不同微生物的基因嫁接在一起，完成了第一个重组DNA 实验。伯格因这一开创性工作于1980 年与吉尔伯特（W. Gilbert）

和桑格（F. Sanger）一起获得了诺贝尔化学奖。在伯格工作的基础上，美国科学家科恩（S. Cohen）等完成了基因工程的全部基础实验。他们以带有抗四环素基因的pSC101 重组质粒为实验对象，作为运载基因的载体。把pSC101 重组质粒转入大肠杆菌，并在含有钙盐的大肠杆菌培养基中用四环素筛选，得到存活的大肠杆菌“工程菌”。这种重组的工程菌能不断地繁殖和扩增。在科恩工作的基础上，1977 年11 月美国科学家用人工方法化学合成了人生长激素释放抑制因子基因，与分离到的启动子连接，组成重组体，导入大肠杆菌后，表达得到了人生长激素释放抑制因子。这一重大突破立即引起了世界范围的震动，被认为是“科学上头等重大的胜利，是世界上第一流的科学成绩”，这不仅能揭示生命的奥秘，而且又具有重大的经济价值。

在这样的形势下，我国的科技工作者感到异常兴奋，纷纷查阅资料、翻译文章，创办了我国最早的一份油印版的“遗传工程参考资料”。与此同时，特别是中国科学院的一些研究所不同程度地对基因工程展开了探索性研究。

1977 年2 月，中国科学院过兴先在北京组织召开了我国首次遗传工程研究工作会议，参加人员有来自中国科学院、医学科学院、农业科学院和高等院校的科研人员、情报人员和管理干部。会上进行了有关遗传工程研究进展的报告，制定了1977 年遗传工程研究计划和 1977～1980 年遗传工程研究规划。1977 年12 月，中国科学院在北京召开了基因工程座谈会，制定了十年规划、五年计划和 1978 年年度计划。1978 年12 月，中国科学院在北京香山召开了遗传工程和分子遗传研究工作会议，修订中国科学院 1979～1980 年遗传工程研究规划，并落实国家规划。可以看出，中国科学院在我国开展基因工程研究中起到了积极带头作用。80 年代初，全国科学大会把基因工程列为国家八大科技领域之一。1980 年，国家科委徐成满在北戴河组织召开了遗传工程研究工作会议，参加会议的有谈家桢、施履吉、吴旻等老一辈科学家和年轻的科技人员，会上除了遗传工程研究进展报告外，还制定了全国遗传工程发展规划。1982 年，国家科委“六五”攻关支持了第一批基因工程项目，并在北京召开了“六五”基因工程项目论证会。国家科委首先支持了三项基因工程疫苗的研制项目，其中包括：乙型肝炎病毒表面抗原（HBsAg）以痘苗为载体在鸡胚中表达、乙型肝炎病毒表面抗原以重组表达质粒在酵母或CHO 细胞中表达、口蹄疫病毒（FMDV）的S1 主要表面抗原在大肠杆菌中表达、预防仔猪腹泻K88－K99 疫苗的研制等。当时，中国科学院上海生化所李载平建立了我国第一个基因工程实验室，开展乙型肝炎病毒表面抗原基因工程疫苗项目的研究。中国科学院上海植物生理所洪孟民开展了仔猪腹泻K88－K99 疫苗的研制课题等。为了促进和推动由基因工程引发的生物工程的快速研究发展和成果转化，于1983 年11 月经国务院批准建立了中国生物工程开发中心。

在70 年代末和80 年代初，我国有关单位纷纷派出一批访问学者赴欧美学习基因工程技术，同时也相继建立了不同类型的基因工程实验室和配套设施。从此，基因工程研究在我国蓬勃地开展起来。

我国基因工程研究的辉煌发展阶段 我国从 80 年代中期正式恢复了国家经济发展的五年计划（1986～1990 年的为“七五”攻关计划），把生物工程列为八大优先发展项目之一。1986 年，我国设立了国家高技术研究发展计划（“863”计划），把发展生物技术排在了首位。攻关计划、“863”计划、国家

自然科学基金委员会成为生物技术科研项目获得资助的三大渠道。从此，我国基因工程研究进入了一个大发展时期。

国家攻关计划对基因工程研究进行全面的部署。在基因工程基础研究方面设立了30多个研究项目，其中包括大肠杆菌表达系统、酵母表达系统、哺乳动物细胞表达系统、昆虫表达系统、哺乳动物个体表达系统以及亚磷酰胺法固相合成DNA 片段研究、半化学半酶促合成基因方法的应用研究、黑曲霉葡萄糖淀粉酶cDNA 的分子克隆、限制性内切酶Acc Ⅰ高产工程菌株的构建及蛋白质的纯化等方面的研究课题。

在基因工程产品开发方面也安排了30多个研究课题。例如：乙型肝炎表面抗原基因工程疫苗和预防仔猪腹泻K88－K99 疫苗的研制、人生长激素基因在CHO 细胞中的高效表达、人胰岛素的基因工程研究、人γ型基因工程干扰素的研制、人组织型纤溶酶原激活剂（tPA）基因工程、人天然白细胞介素-2的基因工程研究、青霉素酰化酶操纵子的调控等研究。

在植物基因工程研究方面设立了50多个研究课题。例如有苏云金杆菌不同种间δ-内毒素基因的转移、通过基因工程提高烟草的耐盐能力、龙葵阿特拉津抗性生物型的鉴定和基因克隆、渗调蛋白及其基因克隆、表达烟草花叶病毒外壳蛋白的转基因烟草及其对TMV 的抗性、水稻雄性不育研究、光合作用反应中心叶绿素蛋白基因的研究及提高光效基因工程的初探、分子育种、授粉后外源DNA 导入植物技术、外源DNA 直接导入水稻的研究等方面的研究课题。

国家高技术研究发展计划（“863”计划）在生物技术领域设置了3 个主题，后又增加了6 个重大项目。3 个主题下设13 个专题项目。第一个主题（863－101）为高产、优质、抗逆动植物新品种，下设6 个专题，其中包括转基因植物、分子标记技术在农作物育种中的应用、农业重组微生物、植物生物技术的应用基础研究、动物生物技术、农业生物技术产品的中试开发；第二个主题（863－102）为新型药物、疫苗和基因治疗，下设6个专题，其中有重组疫苗、基因工程药物、抗体工程、疾病相关基因的分离克隆与功能研究、医药生物技术、医药生物技术产品的中试开发；第三个主题（863－103）为蛋白质工程。6 个重大项目包括：两系法杂交水稻、抗虫棉花等转基因植物、生物技术药物、重大疾病相关基因研究、恶性肿瘤等疾病的基因治疗、动物乳腺反应器等。

从80 年代中期到90 年代中期我国有关单位（包括中国科学院、农业科学院、医学科学院、预防医学科学院和有关高等院校）都不同程度地承担了国家“七五”、“八五”攻关和“863”生物技术项目，建立了不同层次的国家重点实验室和开放实验室，添置了仪器设备，出国学习人员不断回国，从事生物技术研究的科研人员从开始的2 000 多人增加到5 000 多人。经过10 年的发展，我国的基因工程研究有了长足的进步。但应该看到，过去10 年的科研项目大多是跟踪、仿制国外的已有产品，要使基因工程产品得到自身保护，有自己的知识产权就必须“创新”，走自己的路。就是在这种情况下，国家及时提出立足创新和加强基础研究的方针。为此，国家又建立了“973 重大基础研究基金”，该项目完全鼓励基础和创新的研究课题；国家还提出“知识创新工程”，拨专款支持杰出科学家；同时有关部门如中国科学院和有关高等学校等都设立了“百人计划”，有意识地吸引国外有成就的科学家，尤其是青年科学家回国工作。

由于我国不断地调整生物技术研究计

划，加大科研经费的投入，注重人才的培养和吸引，20多年来我国的基因工程研究取得了丰硕的科研成果。

(1) 在医学上：基因工程应用在医学上起步最早，进展最快。1977年美国科学家用基因技术首先在大肠杆菌细胞中成功表达人生长激素释放抑制因子。而我国用基因工程研制乙肝疫苗在70年代末就开始了。20多年来，我国研制成功的基因工程药品近20种。第一个从实验室走进市场的基因工程药是由预防医学科学院病毒研究所侯云德研制成功的α1b干扰素，该药对治疗病毒性疾病和肿瘤有很好的疗效，是我国独立自主研制成功的，达到国际先进水平。自此之后，治疗病毒性疾病的α2a扰素、α2b干扰素、治疗类风湿的γ干扰素、癌症辅助治疗药白细胞介素-2、能产生红细胞的促红细胞生成素、能升高白细胞量的粒细胞集落刺激因子和粒细胞巨噬细胞集落刺激因子、能溶解血栓的重组链激酶（rSK)、能治疗侏儒症的重组人生长激素、能治疗糖尿病的重组人胰岛素、能治疗创伤和烧伤的碱性成纤维细胞生长因子(bFGF）和表皮生长因子（rhuEGF)、能预防痢疾的痢疾疫苗等基因工程药品，都纷纷从实验室转化为科研成果。

我国基因工程药品的研制，近些年自从调整计划、调整政策和改变跟踪仿制的模式以来，已有不少具有我国自主知识产权的基因工程药品在实验室相继问世。在治疗性乙型肝炎疫苗方面：基因工程乙肝表面抗原—抗体二重复合物已完成实验室研究和中试工艺研究，正申请临床试验；三重复合物的动物实验结果明显优于二重复合物的疗效。在重组细胞因子类药物方面：由军事医学科学院承担的重组人新型肝再生增强因子(HPO)项目——HPO工程菌发酵、产品纯化工作，已进入中试阶段。北京大学医学部发现的具有骨髓刺激和使骨骼再生的新细胞因子趋化素样因子、军事医学科学院发现的人神经分化因子、第二军医大学发现的新型造血生长因子CX1、预防医学科学院应用定点突变技术获得的一种新型干扰素突变体IFNαm等的工作都具有创新性。在反义寡核苷酸药物方面：军事医学科学院和中国科学院上海生化所设计合成了一系列抗肿瘤和抗病毒（包括抗端粒酶、抗流感病毒、抗肿瘤血管生成）的反义寡核苷酸制剂，目前在动物试验中获得良好的结果。在重组溶血栓药物方面：如中国科学院昆明动物研究所完成了对基因工程蛇毒纤溶酶原激活剂(STV-PA)实验室研究，证明其有良好的体内溶栓效果，并且半衰期优于现有的溶栓药物；预防医学科学院病毒研究所在国际上首次克隆了新的基因蚯蚓溶栓酶PV242，进行了多种体系表达，获得了具有纤溶酶活性的重组蛋白质。以上这些科研工作为我国在基因工程药物研制走自己独立自主创新的道路奠定了基础。

在基因治疗方面，我国在B型血友病、恶性脑胶质瘤、恶性肿瘤、梗塞性外周血管疾病等6个基因治疗方案，已进入或即将进入临床研究，其中血友病和恶性脑瘤的基因治疗取得了良好的治疗效果。我国基因治疗研究在关键技术方面取得重大突破。如建立了靶向性高效非病毒型导入系统，以及通用性病毒载体——AAV、HSV载体，鼻腔无创伤性基因导入脑内技术，人造血干细胞扩增与定向分化及基因导入技术。这些技术获得了国内与国际专利，达到国际先进水平。

我国在利用转基因动物作为生物反应器生产医用蛋白质和多肽的研究方面也做出了好的成绩。“九五”期间，我国科学家成功地培育出可表达医药用蛋白质的转基因牛、羊，其目标产品有人血清白蛋白、人组织型纤溶酶原激活剂(tPA)、凝血因子XI和人干扰素

等。如，1999年4月，我国科学家培育成功了能表达人血清白蛋白的转基因牛。这些成就，将为我国培养转基因动物作为药用工厂打下了良好的基础。

（2）在农业上：经过多年研究，我国科学家成功完成了杀虫蛋白基因（苏云金杆菌毒蛋白基因）*Bt CryIA* 的人工合成，于1994年获得了高抗棉铃虫的转基因棉花植株，使我国成为继美国之后拥有自主知识产权、独立研制成功的转基因抗虫棉的第二个国家。导入*Bt* 基因和*CpTI*（豇豆胰蛋白酶抑制剂）基因的双价转基因抗虫棉花，以及抗真菌病转基因棉花等一系列转基因抗虫、抗病棉花品系也相继研究成功。

我国科学家利用基因工程对农作物育种也获得了重要进展。例如，利用分子生物学技术分别建立了水稻、小麦、大豆等作物的DNA 分子标记辅助育种技术体系。获得了一批重要的分子标记，并通过分子标记辅助育种培育了一批优良新品种。

我国科研人员成功地将*Pm*21 基因导入优质小麦品种中，育成抗白粉病小麦新品种——扬素10 号、扬素11 号等。我国在国际上首次将中间偃麦草的抗黄矮病基因导入普通小麦中，育成一批新品种。

1995 年，中国和美国科学家合作，成功地定位和克隆了*Xa*21 基因，成为水稻基因组研究和植物抗病基因克隆的重大突破。我国科学家成功地将*Xa*21 基因转入水稻获得成功。20 多个抗白叶枯病杂交稻新组合正在全国试种，抗病效果十分明显。

我国科学家对*CpTI*（豇豆胰蛋白酶抑制剂）基因进行了改造，获得了修饰的*CpTI* 基因（*SCK* 基因）。*SCK* 基因已转入三系杂交稻，培育出的转基因稻表现出对水稻害虫的明显抗性。采用病毒外壳蛋白基因导入植物的方法，培育出了转基因抗黄瓜花叶病毒的番茄和甜椒。

（3）我国基因组学研究步入国际先进行列：1999 年我国加入了国际人类基因组测序计划，承担了1% 的测序任务，与美、英、日、德、法等五国科学家共同完成人类基因组全序列测定工作。2000 年6 月26 日，我国科学家如期完成了所承担区域的工作框架图。这一工作使中国在国际人类基因组计划中占有一席之地。

我国科学家在国际上首次发现了神经性高频耳聋和乳光牙本质II 型两种遗传病致病基因，结果均发表在*Nature Genetics* 上。我国科学家还开展了肝癌、鼻咽癌、食管癌、白血病、高血压、糖尿病等的基因定位和相关基因研究。特别是急性早幼粒白血病相关基因研究，从基因水平研究发病机理，并应用于指导临床治疗。

我国科研人员对模式生物等的基因组研究达到了国际先进水平。已完成了痢疾杆菌福氏2A 株、嗜热菌和对虾白斑杆状病毒、黄单胞菌、人钩端螺旋体基因组全序列测定工作。对水稻基因组的研究亦取得了重要进展。这无疑对人类疾病的预防、诊断和治疗，以及对农作物的品种改良具有重要意义。

我国科研人员发现了一大批新基因的cDNA，基因功能研究不断深入。我国科研人员构建了肝脏、脑、内分泌、心血管、造血等组织的cDNA 文库，测定了10 万个以上的EST，分离克隆了1 000多条新基因的全长cDNA，占人类全部基因的1%～2%。其中一些新基因在人类染色体上的位置已被确定。以基因工程为核心的生物技术，经过20 多年的努力，我国不仅在科研成果上取得了辉煌的成就，而且在人才的培养、论文的发表、专利的批准、获奖等方面也都有了长足的进展。以“863”计划为例，在生物领域方面，目前从事生物技术研究的科研人员达6 500 多人，

其中高级职称占3 000多人，博士占1 400余人；发表论文1万余篇（其中在国外发表900余篇）；在国内外获专利400余项；获奖200多项（其中国家级奖36项）。

我国基因工程研究向产业化迈进 目前我国的基因工程研究成果不断转化为生产力，向产业化迈进。生物制药业走在前列，当今我国已有生物制药生产企业200多家，其中有生产能力的有60多家，生产的20余种基因工程药品已投放市场（见表8）。2000年产值近30亿元人民币。以深圳科兴生物技术公司销售的干扰素α1b为例，每年产值3亿元，利润达6 000万元。该产品已成为基因工程药物的拳头产品，具有较高的市场份额。

表8 我国已经产业化的基因药物和疫苗的生产情况

名 称	适应症	生产单位
rhuIFN α1b（外用） rhuIFN α1b	病毒性角膜炎 乙肝、丙肝	长春生研所 深圳科兴、上海生研所、北京三元基因
rhuIFN α2a rhuIFN α2a（酵母）	乙肝、丙肝、疱疹等 乙肝、丙肝	长春生研所、长生药业、三生药业、新大洲药业、辽宁卫星生物、上海万兴生物
rhuIFN α2b	乙肝、丙肝、白血病等	安科、汉生、华新、鼎力、策远、华立达、英特龙、里西哈尔、长春生研所
rhuIFN α2a（栓剂） rhuIFN α2b（凝聚剂）	妇科病 疱疹等	武汉天奥药厂 合肥科大兆峰药厂
rhuIFN γ	类风湿	上海生研所、克隆、丽珠
rhuEGF（外用） GEF衍生物	烧伤、创伤 烧伤、创伤	大江、长生药业、四环 深圳华生元
rhuIL-2	癌症辅助治疗	沈阳三生、长生药业、金泰、长春生研所、瑞德制药、四环、金丝利、深圳科兴、华新、康利制药、白鹭园
rhuIL-2 ^{125}Ser	癌症辅助治疗	上海华晨
rhuG-CSF	刺激产生白细胞	厦门特宝、杭州九源、白鹭园、长春金赛、苏州中凯、三维、北海方舟、山东科兴、新鹏、格兰百克、齐鲁制药、成都蓉生、里亚哈尔、华北制药、泉城、九九艳阳、汉进制药
rhuGM-CSF	刺激产生白细胞 骨髓移植	厦门特宝、华北制药、北医联合、里亚哈尔、海南华康、顺德南方、上海海济、金赛、山东医生所、鑫金焱、淮南福寿、华晨、上海生化、上海华新
rhuEPO	产生红细胞	三生制药、华欣药业、克隆、山东科兴、成都地奥、阿华、四环生物
rhuGH	矮小病	金赛、安科、恒通、医进、联合赛尔
bFGF（外用）	烧伤、创伤	珠海东大、长生药业
rSk	溶血栓（心梗）	复兴实业、金泰
抗IL-8单抗乳膏剂	银屑病	东莞宏远逸士公司
人胰岛素	糖尿病	同化东宝、医进、科兴
乙肝疫苗	预防乙肝	深圳康泰、北京生研所、华北药厂
痢疾疫苗	预防痢疾	兰州生研所、军科院

我国在农业上的基因工程产品已有不少进入市场。例如，抗虫棉花已经农业部基因工程安全委员会批准，单价Bt 抗虫棉已在山西、安徽、山东、江苏、湖北、河南、河北、辽宁、新疆等9 省推广，共累计种植约$3.7\times10^3km^2$，产生社会与经济效益达7.7 亿元；又如我国科学家用基因工程技术研制成功的抗白粉病小麦新品种已推广$2.0\times10^3km^2$，增产粮食6.2×10^7kg；培育的抗黄矮病小麦新品种，2000 年已在山西、甘肃等地推广约600 km^2；转基因耐贮藏番茄已实现商品化，是我国第一个批准商品化生产的转基因植物，耐贮藏番茄在室温（15 ℃～35 ℃）条件下，贮藏56 天时好果率达70% 以上；转基因抗病番茄和甜椒已批准商品化，在辽宁、北京、云南、福建等地累计种植约$2\times10^4km^2$；我国科学家建立的基因工程酵母生产植酸酶（新型动物饲料添加剂）达到了国际领先水平，并在江西投人生产，已销售植酸酶产品1 000 余吨，产生了良好的社会、经济和生态效益。

我国为了加速基因工程的产业化，新兴的生物技术企业不断涌现，全国各省市的经济开发区、高技术开发区都把快速开发生物技术产品放在首位。以“863”计划中的生物技术领域为例，为了促进成果转化，加速生物技术的产业化，在国内认定了不少产业化基地。如在生物制药开发上，认定深圳科兴生物技术公司、华北制药集团有限责任公司、常州药业股份有限公司等为产业化基地。在农业上认定创世纪转基因技术公司等为产业化基地。

随着人类基因组测序工作的完成，后基因组时代的到来，在机遇和挑战面前，在“加强创新、促进产业化”的原则下，我国的基因工程产业必将跻身于世界的先进行列。

参考文献

张树庸等编著：《生命科学与生物工程》。广西：教育出版社，2000。

中科院生物科学与技术局：《国家“七五”重点科技攻关论文摘要》，1990。

强伯勤：我国生物技术蓬勃发展的十五年，《高科技与产业化》，(1)：4～5，2001。

马大龙：863 计划生物领域基因工程药，《高科技与产业化》，(1)：9～10，2001。

（张树庸）

转基因作物（Transgenic Crop）

植物转基因技术是包括DNA 重组、细胞和组织培养等现代生物技术以及常规育种等传统技术在内的一整套技术。

世界上第一例转基因植物于1983 年问世，1986 年被批准进入田间试验，1994 年延熟保鲜转基因番茄在美国批准上市，此后全球转基因作物(GMC)的应用迅速发展。2000年GMC 的种植面积达$4.42\times10^4km^2$，1996～2000 年种植面积增加了25 倍。2000 年GMC面积占全球各该作物面积的百分数为：大豆为36%，棉花为16%，油菜为11%，玉米为7%。以大豆为例，阿根廷转基因大豆已占大豆栽培面积的95%，美国占54%。在13 个种植GMC 的国家中，美国、阿根廷、加拿大及中国占全球GMC 面积的99%，其中发展中国家占24%。全球GMC 的销售额则由1995 年的约0.8 亿美元，猛增到1999 年的30 亿美元，5 年间增长近36 倍。

我国转基因作物的研究始于80 年代中期，大量的研究工作是在国家高技术研究与发展计划，即“863”计划的支持下开展的。初期主要是以模式作物为材料，转移一些选择标记基因和报告基因，建立遗传转化体系。随着目的基因的不断分离和克隆，以主要农作物品种改良为目标的转基因作物研究大量

开展起来。据不完全统计，至少有100 种以上的基因和50 种以上的作物正在研究开发之中。通过十几年的研究，取得了举世瞩目的成就。

转基因抗虫棉进入产业化应用，获得巨大的社会、经济和生态效益　棉花是我国的重要经济作物。自1992 年起，棉铃虫危害造成了重大经济损失。1992 年仅北方棉区因棉铃虫的危害而导致的经济损失便达 100 亿元，成为近年我国棉花生产大滑坡的重要原因之一。

Bt 抗虫棉的研制开发，使猖獗一时的棉铃虫危害得到有效控制，使我国成为继美国之后具有抗虫棉自主知识产权的第二个国家，同时成为我国植物基因工程应用于农业生产的第一个成功范例，在国际上尤其是在发展中国家产生了重大的影响。

Bt 棉在田间对二代棉铃虫幼虫有极强的杀伤力，转基因Bt 棉的受害率一般小于1%，而非转基因棉则高达40%～90%。在抗虫棉上二代棉铃虫不需喷药防治。三代、四代棉铃虫可根据特定年份或特定地区的虫口密度喷洒农药。

迄今已有晋棉 26(GK95－1)、国抗 1 号(GK1)、国抗 12 号(GK12)、国抗 19 号(GK19)、国抗22 号(GK22)、国双价抗321 号(sGK321)等国抗棉系列新品种相继在山西、安徽、山东、新疆、江苏、河北等地通过品种审定，并在生产上大面积应用，至2000 年累计推广面积达3 700 km^2，产生了巨大的社会、经济和生态效益。据山东、山西两省的调查数据，种植国产抗虫棉每平方千米土地减少农药成本112 500元，节省用工费97 500元，若不计增产因素，则两项合计每平方千米节支210 000元。以此推算，全国累计推广3 700 km^2所产生的社会、经济效益达7.7 亿元。

由于大量使用剧毒农药，害虫产生抗药性，普通棉花在生长季节中一般需喷药10～15 次，有的高达20 次，致使我国在棉花上长年使用的农药量高达全部农药总量的25%。抗虫棉的大面积种植产生了良好的生态效益，农药用量可节省70%～80%，人畜中毒和环境污染大大减少，害虫天敌和其他有益生物的种类及数量明显增加。因而深受各级领导和棉农的欢迎，出现了“非抗虫棉不种”以及一省、一地、一县“抗虫棉化”的形势。

抗虫棉的研制和应用包括了全套技术，即：Bt *CryIA* 基因的设计、改造和全合成；高效植物表达载体的构建；将外源基因转入棉花并获得大量转基因植株的技术；转基因棉花纯合系的选育及抗虫性跟踪筛选技术；Bt 杀虫晶体蛋白表达量的检测技术及试剂盒的研制；棉铃虫抗性监测、预测和预防技术；Bt 棉田间害虫综合防治技术；Bt 基因遗传及抗虫棉的良种繁育和高产栽培技术；抗虫棉的环境和食品安全性评估技术等。

在单价Bt 棉推广应用的同时，我国又在国际上研制成功双价抗虫棉，并首次在生产上应用。其中转*Bt/CpTI*（豇豆胰蛋白酶抑制剂）双价基因的sGK321，2000 年已在河北试种示范230 km^2，表现出长势旺、抗虫性强、丰产、优质等特点。转*Bt/AhPI*（慈姑蛋白酶抑制剂）和 *SKTI*（大豆胰蛋白酶抑制剂）/*Lectin*（豌豆凝集素）双价基因的棉花也已获得纯合转基因后代，正在进行田间试验。研究数据表明：双价抗虫棉的抗虫性在7～8月份比单价Bt 棉稳定，对3 龄以上棉铃虫幼虫的杀伤力明显高于单价Bt 棉，双价棉可明显延缓棉铃虫种群对Bt 产生耐受性。

除抗虫棉花外，抗病毒的番茄、甜椒、延熟番茄及改变花色的矮牵牛等转基因植物也已由农业部批准商业化。

一大批转基因作物正在进行田间试验和环境释放　抗病、抗虫的转基因水稻，抗虫的玉米、大豆、马铃薯和杨树，抗病棉花等

一批后继生物技术产品正在进行田间试验或环境释放，展示出广阔的应用前景。从总体上看，我国的转基因植物技术发展迅速，目前在发展中国家已居领先地位，与发达国家的差距大大缩小，在某些方面已具备与跨国公司抗衡和竞争的技术能力。

作物基因工程的研究向具有特色和创新的方向发展　80年代我国植物基因工程的研究，基本上是仿效国外，即所谓国外元件国内组装。90年代起，情况有所变化。籼、粳、糯稻蜡质基因的分离、克隆和调控研究以及用于对米质改良的研究，是这方面的一个突出例子。在定位水稻光敏、温敏核不育基因、广亲和基因、抗白叶枯病和抗稻瘟病基因、抗稻褐飞虱基因、小麦抗白粉病基因等的基础上，启动了分离这些基因的研究。水稻转座子及T-DNA插入突变体库的构建正在为水稻功能基因组的研究奠定基础。在收集和研究我国苏云金杆菌资源的基础上，分离和克隆了一批新的Bt抗虫基因，并已在国际基因库登录。新分离的表达调控元件，如棉花曲叶病毒（CLCuV）的双向启动子，其表达活性比CaMV 35S启动子高5～6倍；此外还有能在花粉、维管束、韧皮部等特异表达的启动子。水稻矮缩病毒、小麦黄花叶病毒基因组的序列测定和功能基因分析，植物生物反应器生产疫苗的研究，细胞骨架和棉纤维发育相关基因的分离，豆科植物控制花对称性发育基因的研究等，都有各自的特色。

建立了重要作物的遗传转化体系　水稻、小麦、玉米、大豆、棉花等重要作物的遗传转化体系已经建立，其中粳稻的转化率可达30%～40%，大豆的转化率可达20%以上。由我国科学家发明的花粉管通道法，已成功地在棉花、小麦等作物的目的基因转移上应用。该法简易、快速，不需要复杂设备，尤其突出的是没有基因型的依赖性，如可用于所有陆地棉品种的转基因，迄今利用花粉管通道法转基因已在我国20多个棉花主栽品种上获得成功。

建立了我国转基因作物的安全性评价体系　从本质上讲，转基因技术与常规育种一样，两者都是在原有品种的基础上对其部分性状进行修饰，或增加新性状，或消除原来的不利性状。转基因作物育种中所用的基因是已知有明确功能的基因，与远缘杂交育种中的高度随机过程相比，其结果应可以更精确地预测，在应用上也应更安全。事实正是如此。迄今全球上万例转基因植物田间试验和数十万平方千米转基因作物商业应用的数据表明，没有发现转基因作物对生态环境有严重的负面作用；两亿多美国人食用4 000余种转基因食品后，未引发任何健康问题。

我国政府在大力支持发展农业生物技术的同时，也十分重视生物安全管理。原国家科委于1993年颁布了“基因工程安全管理办法”，农业部据此于1996年颁布了“农业生物基因工程安全管理实施办法”，负责对国内外农业生物遗传工程体及其产品安全性评价申报的受理和审批。1997年3月至2001年2月，农业部共受理443项申请，批准322项，包括中间试验189项，环境释放93项，商品化生产40项，其中大部分为转基因植物。但由于GMC是一个新生事物，其环境及食品安全性已引起普遍关注，故对其长期效应仍应进一步跟踪研究。

总结我国转基因作物研究与开发方面的基本经验，一是要围绕目标产品，按系统工程组织，将各学科的优势力量和技术集成，重点突破薄弱环节。二是必须坚持生物技术与常规育种相结合，这种结合必须从课题设计开始，贯穿始终。上、中、下游的配合，基因操作与常规技术的配合，分子生物学家与育种学家的配合，犹如两条腿走路，缺一不

可。三是高技术要与大资本结合，推进产业化。企业的资本优势与高科技的技术优势相结合，形成“强强组合”，才能使企业成为高技术投资的主体，才能培育出高科技产业，才能使高技术具有无限的生命力。

参考文献

贾士荣，郭三堆，安道昌主编：《转基因棉花》，“863 生物高技术丛书”，北京：科学出版社，2001。

刘谦，朱鑫泉主编：《生物安全》，“863 生物高技术丛书”，北京：科学出版社，2001。

贾士荣，吕群燕，张长青：转基因植物的安全性评价，见：朱守一主编：《生物安全与防止污染》，北京：化学工业出版社，1999。

贾士荣：转基因作物的安全性争论及其对策，《生物技术通报》，(6)：17，1999。

Clive James：*Global review of commercialized transgenic crops*：2000，ISAAA Briefs，2000。

（贾士荣）

哺乳动物克隆 (Cloning of Mammalian Animal)

克隆（clone）一词来源于希腊语，是指植物的扦插枝条，是无性繁殖的意思。

发育生物学领域中细胞核和细胞质的相互作用、细胞发育的潜能性等问题一直是人们所关注的研究热点，而细胞核移植又是研究这方面问题的最主要的手段之一。

早在1938 年，Spemann 就提出用细胞核移植的方法来研究细胞发育的能力。但由于当时的实验条件限制，未能实现他的愿望。但他用胎儿头发结扎蛙卵的实验，证明了分裂期每一分裂球的功能是相同的。直至1952 年美国Briggs 和King 首先用显微操作仪，将蛙卵发育至囊胚期的一个细胞核移植到去除细胞核的蛙的卵母细胞质中，最后这重组细胞能发育成正常的个体。该实验结果说明了蛙的囊胚期的细胞具有发育成个体的能力。60年代初，英国Gurdon 将爪蟾蝌蚪期的肠上皮细胞核移入去核爪蟾的受精卵中。这样的重组细胞也能发育成个体。这说明已高度分化并具有生理功能的肠上皮细胞核与受精卵中的合子一样具有相同发育全能性。

在20 世纪60 年代初，我国生物学家童第周开创性地用细胞核移植的方法，以淡水鱼类为实验材料，进行同种和异种之间的核质杂交，在基础理论的阐明及生产实际的应用方面均做出了巨大的贡献。在80 年代，我国的严绍颐在此基础上获得的鲤鱼和鲫鱼的核质杂交鱼，其性状优于亲本，如生长速度快、蛋白质含量高等。这一种核质杂交鱼在四川、湖北、河北、广西、上海等地区进行大面积的推广饲养，获得了很好的经济效益。因此在鱼类中以同种和异种之间的核质杂交，在理论上能阐明细胞质和细胞核之间的相互作用，是很好的实例，而在实际应用方面也显示出了很大的经济效益。

哺乳动物的细胞核移植工作始于1983 年美国McGrath 和Solter 在小鼠卵中的细胞核交换实验。1986 年英国 Willadson 首先报道了用胚胎分裂球作为供体，进行细胞核移植获得克隆绵羊，为以后的哺乳动物胚胎细胞和体细胞克隆动物的产生奠定了很重要的基础。其后在美国、日本、英国、新西兰等国相继获得了胚胎细胞克隆牛、羊、兔、猴等。我国在这一领域研究工作发展很快，首先进行哺乳动物细胞工程和克隆研究的是由我国陆德裕领导的研究组在1989 年进行的克隆兔的研究。1990 年，江苏农科院畜牧所获得了胚胎细胞克隆兔。1991 年，西北农业大学、中科院发育所和扬州大学相继获得了胚胎细胞克隆羊。

继代细胞核移植或称再克隆(recloning)可以了解同一胚胎分裂球或细胞经继代细胞核移植之后，它们全能性的功能是否有变化。

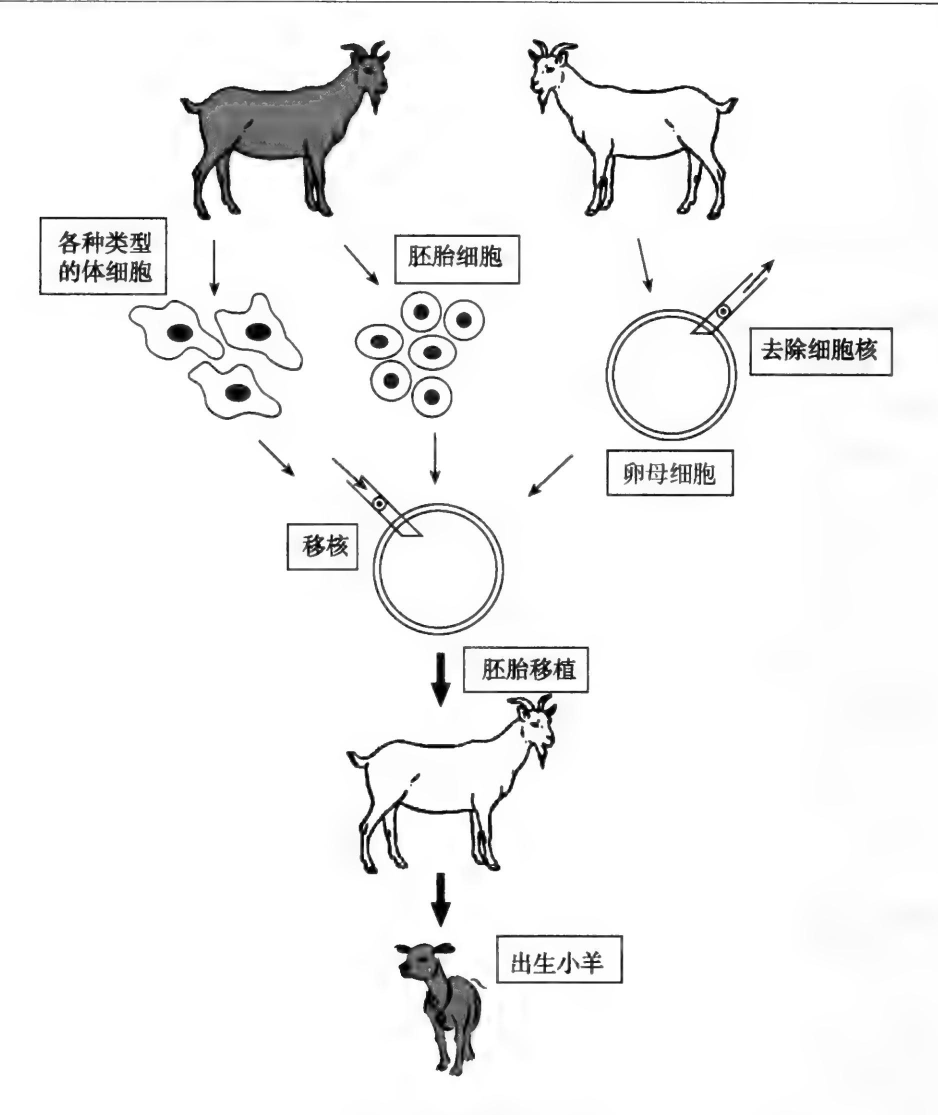


图21　克隆羊的操作过程

从理论上说，继代细胞核移植可获得大量的基因型等同的无性繁殖系的动物。1993 年，中科院发育所和扬州大学合作获得了一批继代核移植的克隆山羊。此项工作是与美国 Stice 于 1993 年在《美国科学院学报》(PNAS) 报道获得继代核移植克隆牛差不多同时起步的工作。这为优质家畜克隆的扩群奠定了理论和技术基础。1995 年华南师范大学和广西大学，1996 年中国农科院畜牧所相继获得了胚胎细胞克隆牛。

1997 年2 月，英国罗斯林研究所Wilmut 在《自然》杂志上报道了“多莉”羊的诞生。他是采用绵羊乳腺上皮细胞为核供体，经细胞核移植而获得克隆绵羊。“多莉”羊的出生第一次证明了哺乳动物已分化的体细胞经移核后可发育成正常的克隆动物，因此引起科技界广泛的关注。其后英国、美国、法国、日本和德国等国，分别用胎儿和成体成纤维细胞、输卵管上皮细胞、颗粒细胞、乳腺上皮细胞等作为供核细胞，获得了克隆牛、克隆羊、克隆小鼠等。1999 年，中国科学院发育所和扬州大学合作以山羊胎儿成纤维细胞为供核细胞，获得了克隆山羊。

当前哺乳动物克隆可分为两类：(1) 繁殖

性克隆；(2) 治疗性克隆。前者主要是将优良品种以克隆的方式最终达到最大限度扩群的目的。最近美国报道了人类胚胎干细胞方面的研究进展，如果能和克隆技术相结合，这将在治疗人类某些疾病方面起很大的作用。治疗性克隆的具体的操作过程就是把人的体细胞核移植到去核的卵母细胞中，待其发育到囊胚期时取出其内细胞团，定向培养成人们所需的细胞，用此细胞进行疾病的治疗。

克隆大家畜（牛、羊等），可以在牛、羊乳腺中生产大量的医用蛋白。克隆转基因猪的工作，则可得到用于人类器官移植的更多器官，对人类的健康将会做出更大的贡献。虽然我国的哺乳动物体细胞克隆获得很大的进展，但其中还存在许多的问题有待于解决。此外，将一些医用价值高的基因定点转入牛或羊的基因组中，同时加强转基因动物乳腺生物反应器的研究，使哺乳动物克隆达到理想的经济和社会效益。

（杜　森）

转基因鱼 (Transgenic Fish)

采用显微注射等基因转移方法，将重组外源基因导入鱼类受精卵内。在受体胚胎发育过程中，外源基因经历了一系列的复杂生物学过程，最终整合到受体鱼的基因组中，表达并产生相应的生物学效应，由此获得转基因鱼。整合的外源基因可通过生殖细胞传递，赋予后代新的遗传性状。

转基因鱼研究始于80年代，而且是中国率先开展了这项研究，研制出世界首例转基因鲫鱼、泥鳅，建立了第一个转基因鱼模型。之后，英国、法国、美国、加拿大和日本等几十个实验室相继开始转基因鱼研究，转基因鱼已经成为鱼类基因工程研究的热点领域。

外源基因导入受体细胞有多种方法，主要有显微注射、电脉冲、精子携带、磷酸钙共沉淀、脂质体融合、逆转录病毒转染、微弹轰击和激光介导等方法。鱼类基因转移中主要采用前三种方法。

显微注射方法是目前广泛使用、效果较好的一种方法。鱼卵受精后，用胰蛋白酶消化或用机械方法去除卵壳，得到裸卵。在解剖镜下，将玻璃针中的外源DNA 溶液直接注入受精卵动物极中，每卵注射1～2 nL，约含10^6个外源基因拷贝。裸卵的显微注射和以后的胚胎发育均在无菌赫氏液中进行。显微注射方法一般需要在裸卵中操作，注射过程对鱼卵会产生一定的机械创伤，因此，该方法适用于卵壳较软、易于去除、对机械创伤具一定承受能力的鱼卵。

电脉冲转移方法通常也在裸卵中进行。该方法是将裸卵直接浸泡在外源DNA 溶液中，通过一定强度的电脉冲处理，外源DNA进入裸卵的动物极，部分DNA 拷贝可整合到受精卵基因组中。电脉冲方法导致外源DNA转移的机制目前尚不清楚。这一方法操作简单，可同时处理大量的受精卵，但电脉冲处理时DNA 转移无定向性，转移效率较低。

精子携带方法是一种相对温和的基因转移方法，转移过程对卵细胞不产生机械创伤。精子在保存液中与外源DNA 混合，经过一段时间的温育或电脉冲处理，外源DNA 进入精子细胞内，经过正常的受精过程，精子将外源DNA 导入受精卵中。这一方法的局限性在于处理后精子细胞的受精能力因不同种类精子的处理条件有较大差异。

外源基因导入受精卵后经历一系列复杂的生物学过程。转基因鱼模型研究发现，外源基因在胚胎发育早期进行大量的复制，DNA 分子以串联的方式连接成多聚体。从原肠期开始，外源基因DNA 被逐渐降解或丢失，少数外源基因拷贝整合到受体基因组中。外源基因在基因组中的整合行为也极为复

杂。在时间上，细胞间外源基因的整合过程是不同步的，整个胚胎发育过程中表现为渐进性；在空间上，外源基因的整合位点是随机的，可能整合到细胞染色体的不同位点或多个位点。外源基因在染色体中整合位点的差异，对其表达以及转基因鱼胚胎发育会产生不同的影响，概括起来有3 种方式，即“有效整合”、“无效整合”、“毒性整合”。由于外源基因整合的随机性和多样性，转基因鱼是外源基因的“嵌合体”。整合在性腺细胞基因组中的外源基因则可通过生殖细胞传递，赋予后代相应的遗传性状。

转基因鱼模型研究为鱼类基因工程育种奠定了基础。基因工程育种从根本上摆脱了物种间的遗传壁垒和有限育种资源的桎梏，可通过对鱼类基因组的定向改造，获得高产、优质、抗逆的鱼类养殖新品系。在鲤鱼基因工程育种研究中，用鲤鱼β-肌动蛋白基因启动子和草鱼生长激素（GH）基因编码序列构建重组的“全鱼”生长激素基因，通过基因转移方法，研制出快速生长的转“全鱼”GH 基因鲤鱼。转基因鱼在120 天生长期内，体重可达2 600 g，是对照鲤鱼的4 倍。转基因鱼营养和能量学的深入研究证实，转GH 基因鱼的快速生长效应来自对饵料蛋白的高效转化和能量代谢的优化分配，而非填鸭式的“多食快长”。由于生长激素促进蛋白质合成的功能，快速生长的转基因鱼具有高干物质含量、高蛋白和低脂肪组成的特点。同时，由于是将草鱼的一种基因转给鲤鱼，在食品安全上与杂交鱼为“实质等同”。因此，转“全鱼”GH 基因鲤鱼可望成为渔业生产的理想养殖对象。

正如模型研究中指出的，外源基因在转基因鱼基因组中随机整合，转基因鱼并非一个稳定遗传品系。采用传统的选育方法建立稳定遗传品系需要漫长的时间。迅速培育出转基因鱼稳定遗传品系的可能途径在于，建立鱼类细胞基因操作定点整合技术，实现外源基因在鱼类细胞基因组中的稳定整合，结合鱼类细胞核移植技术，以培育转基因鱼克隆纯系。

快速生长的转基因鱼的成功研制展示了鱼类基因工程育种研究的广阔前景，但转基因鱼研究的意义并非仅限于此。一方面，更多的功能基因将应用于转基因鱼研究，以培育具优良性状的鱼类养殖品系，研制转基因鱼“生物反应器”，生产廉价的珍贵蛋白质和生物药物。另一方面，随着鱼类细胞基因定点整合技术和转基因鱼克隆实验体系的建立，转基因鱼将成为功能基因研究的理想模型。基于鱼类发育生物学特点，转基因鱼模型在胚胎发育相关基因功能和人类疾病模型研究中具有独特的优势。可以相信，转基因鱼研究将在农业、医药和人类健康等诸多领域发挥重要作用。

参考文献

Zhu, Z.（朱作言）, Li, G., He, L., and Chen, S.: *Z. Angew. Ichthyol.*, 1: 31～34, 1985。

Maclaen, N., Penman, D. and Zhu, Z.（朱作言）: *Bio. Technology*, 5: 257～261, 1987。

朱作言，许克圣，谢岳峰，李国华，何玲：《中国科学》（B 辑）（2）：147～155，1989。

谢岳峰，刘东，邹钧，李国华，朱作言：《水生生物学报》，13（4）：387～389，1989。

李国华，崔宗斌，朱作言，黄善衔：《水生生物学报》，20（3）：242～247，1996。

（汪亚平　朱作言）

外源DNA（基因）直接导入田间作物的分子育种 [Molecular Breeding of Exogenous DNA (Gene) Transferring Directly to the Field Crops]

1973 年基因工程的出现，引起了 DNA

分子科研工作者的注意，于翌年提出打破常规物种间的遗传杂交界线，应用外源DNA（基因）片段导入农作物的分子育种研究。

DNA（基因）分子育种的理论依据　从进化的观点来看，地球上现有生物的遗传是在原始生物的DNA分子基础上，通过突变、杂交、进化、自然选择和人工选择演变而来，因而生物间总存在一定程度的相同和不同的DNA（基因）序列。分子育种即利用外源DNA（基因）片段与受体作物染色体相同DNA（基因）序列的识别，而可能带入外源DNA（基因）的不同序列，实现远缘遗传分子的杂交育种。因而我们提出了DNA（基因）片段杂交的分子育种理论并进行了验证。

分子育种技术　DNA（基因）分子育种技术可以打破生物种类的天然遗传极限和生物间杂交屏障，进行一定程度的分子杂交育种，在原有物种的基础上改进其遗传的生产效益。

根据育种目的，利用植物世代生长周期中的种胚细胞和茎端分生组织细胞作为外源DNA（基因）直接导入植物的受体细胞。植物生长周期的时相不同，其染色体DNA可能结合的外源DNA（基因）不同；但相同的育种目的和技术应用于不同品种的相同的分子育种工作，应能够获得基本重复的结果。

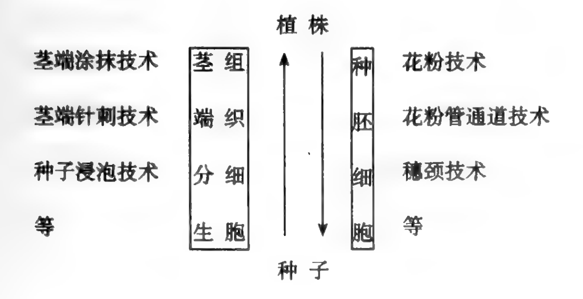


图22　分子育种的系统技术

直接应用供体DNA片段进行的分子育种，实际上只是根据育种的要求，提供了外源供体DNA片段，由受体植物细胞随机进行天然基因工程，通过人工筛选，培育良种。作物的种类不同，分子育种的目的不同，各地的气候、地理条件不同，因此分子育种的技术细节也需根据具体情况决定。

应用供体总DNA（基因）进行的植物分子育种，从70年代后期开始至今，全国各地已有90%以上省市分别在稻、麦、棉、大豆、玉米、高粱、油菜、蔬菜、花卉、绿肥、树木等方面开展工作，取得了多方面的科研和生产的优异成绩。已召开过三届全国农业分子育种学术讨论会。1993年出版了《农业分子育种研究进展》一书。90年代进入大量推广的稻、麦、棉、大豆的部分分子育种举例如下：

水稻　遗传工程水稻是1989年湖南农业大学万文举等最早开始研究培育的。应用种子胚浸泡技术，将玉米DNA（基因）导入水稻湘早籼8号，选育的系列后代在受体的遗传基础上，表现出来自玉米DNA的遗传信息。选育的子代具有穗大、粒大、产量高、抗旱和抗病等特征。已选育出生产价值很高的不同品系，予以推广生产。其中GER-1已经过生物学、细胞学和分子生物学方面较系统的检测。1993年通过了省级鉴定，1994年的推广面积已达到了1 300 km^2。

小麦　小麦的分子育种研究是80年代中后期开始的，采用的均为花粉管通道技术，进行了多方面的供、受体组合的探索，取得的成果举例如下：

山东农学院于元杰等将小牛胸腺DNA导入小麦，育成的小麦品系D041具有高产、优质、抗干热、抗白粉病和条锈病等优点，年产量比目前推广品种增产10%～15%，蛋白质含量可达15%，营养成分全面。此工作已

经RAPD技术验证，1994年通过省级鉴定。同年秋在山东、安徽、江苏、河南、河北等地播种面积已近260 km^2。

应用小牛胸腺DNA进行水稻分子育种，首先是福建农学院陈启锋开始的，并取得了育种成果。因此从动植物间分子杂交育种的实现，进一步提供了在任何生物间都有可能进行DNA片段杂交的分子育种理论的证据。

棉　棉为大花多胚植物。应用花粉管通道技术进行棉花分子育种是江苏农科院黄骏麒等在1978年开始的。山东农业大学尹承佾等在1987年进行科间的棉花分子育种工作，将夹竹桃科的罗布麻DNA导入陆地棉，选育出高产、抗旱、抗盐碱、抗病、纤维品质好的棉花新种。1992年通过省级鉴定和品种推广，并进行了细致的生物学和细胞学分析以及RAPD技术的分子验证。

大豆　大豆的分子育种是应用花粉管通道技术。黑龙江农科院大豆所雷勃钧等于1989年开始野生大豆DNA导入栽培大豆的研究，选育出早熟、蛋白质含量高的大豆品系。1993年通过省级鉴定，1994年获黑龙江省科技进步奖，进入推广生产。

关于外源DNA（基因）导入大豆的分子验证，雷勃钧与中科院遗传所王斌等合作，在国内首先应用RAPD技术进行分子鉴定，获得导入大豆的特异外源DNA（基因）片段的直接分子证明。

以上的分子育种均进行了外源DNA（基因）片段的识别，从而提供了进一步将其分离的可能性。发展“DNA（基因）片段工程”的分子育种技术，使广大农业科研工作者，在原有基础上，可能随意扩大受体的育种范围，这就是当前分子育种科研的重点目标。

参考文献

周光宇：《遗传与育种》，5：24～25，1977。

周光宇，龚蓁蓁，王志芬：《遗传学报》，6（4）：405～412，1979。

Zhou，Guangyu（周光宇）et al：Introduction of exogenous DNA into cotton embryos，In：Wu，Ray，Grossman，Lawrence，Moldave，Kiyie：*Methods in Enzymology*，Recombinant DNA，Part C，101：433～481，1983。

周光宇等：《中国农业科学》，21(3)：1～6，1988。

周光宇，陈善葆，黄骏麒主编：《农业分子育种研究进展》，北京：中国农业科技出版社，1993。

（周光宇）

蛋白质工程

（Protein Engineering）

蛋白质工程是20世纪80年代初诞生的一个新兴生物技术领域。它一出现就以其在应用上的广阔前景和对分子生物学有关前沿研究的巨大推动而为世人瞩目，受到科技大国的广泛重视。在国家有关科技计划的支持下，我国不失时机地组织力量，迅速拓展了这一生物技术新领域，并取得了一系列重要成绩。

发展历程　蛋白质工程的主要内容和基本目的可以概括为：以蛋白质分子的结构规律及其与生物功能的关系为基础，通过基因修饰、基因合成和其他手段，对现有蛋白质加以定向改造，设计、构建并最终生产出性能比天然蛋白质更加优良、更加符合人类社会需要的新型蛋白质。由于基因工程原则上只产生天然存在的蛋白质，而蛋白质工程以产生自然界中不存在的新型蛋白质为己任，所以它被认为是新一代遗传工程，也有人称它为第二代基因工程。这一新兴领域诞生于80年代初。70年代后期，分子遗传学对以DNA核苷酸序列为载体的基因编码和指导蛋白质合成的精确了解揭开了基因工程的序

幕，产生了DNA 重组蛋白。进入80 年代，结构生物学研究揭示了大量蛋白质分子的精确立体结构及其与复杂生物功能的关系，为设计、改造天然蛋白质提供了蓝图；同时分子遗传学发展了以定位诱变为中心的基因操作技术，为通过基因修饰改造蛋白质提供了工具。这两方面的融合，促成了蛋白质工程这一新兴生物技术领域的诞生。1982 年，Winter 等人首次报道了通过基因定位诱变获得改性的酪氨酰-tRNA 合成酶；1983 年 Ulmer 在*Science* 杂志上发表题为“蛋白质工程”的专论，一般将此视为蛋白质工程诞生的标志。

在我国，蛋白质工程研究的启动大体与国际同步。蛋白质工程的研究是边缘性极强的研究领域，需要多种学科的密切合作。中国科学院在拥有学科配套和综合研究积累的基础上，于1985 年率先在我国组织和开展了蛋白质工程研究。初期阶段，研究工作得到了国家“七五”科技攻关计划的支持，设置了胰岛素蛋白质工程、蛋白质工程基础技术等研究课题。1987 年，国家“863”高技术研究计划启动，蛋白质工程成为其中一个主题研究项目，该项目设置了10 余个研究课题。自此，蛋白质工程在国家研究计划的强有力支持下，迅速在国内展开。在“七五”、“八五”、“九五”期间，中国科学院先后在近10个研究单位建立了专门的研究组，北京大学、南京大学、中国科技大学等有基础的高校也投入精干力量开展这方面的研究，使我国这一研究领域能与国际同步前进。10 余年来，在国家计划的支持及有关研究人员的艰苦努力下，我国的蛋白质工程研究从无到有，迅速发展，已经成为我国生物技术的一个重要分支领域，拥有一支具备相当实力的研究队伍和必要的仪器设备条件，开展了多层次的研究工作。

研究成果　从总体看，我国的蛋白质工程研究目前还处于发展的早期阶段；同时，这一领域中的一些关键科学问题（如蛋白质折叠机理）还没有解决，因此这一领域的重大突破性进展尚有待时日。但我国在很短的时间里不仅开辟了这一新兴领域，而且已经取得一系列研究成果，主要方面有：

1. *胰岛素的蛋白质工程*　胰岛素是一种蛋白质激素，是治疗糖尿病的特效药。但目前的制剂用于临床有一些缺点。中国科学院生物物理研究所与上海生物化学研究所合作研究，以寻求更完善的新型医用制剂为目标的人胰岛素分子改造，已取得一系列结果，包括：(1) 改造胰岛素原连接肽 (C 肽)，从30 几个氨基酸缩短为3 个氨基酸，获得了基因工程生产胰岛素的高效表达，已进入中试阶段，并获得国家专利；(2) 以长效胰岛素为中心，通过定向分子设计获得2 种目标产品，作用时效延长8～12 h，并通过晶体结构测定证实分子设计原理的正确性，这是首次在国内实现预定性能分子设计、目标产品制备、改性产品的结构测定和性能分析的蛋白质工程全循环；(3) 以速效和高效为目标，完成定向分子设计12 种，获得具有预定性能的4 种目标产品。

2. *葡萄糖异构酶的蛋白质工程*　葡萄糖异构酶是工业上大规模生产高果糖浆的关键酶，对于新型食糖资源的开发具有重要意义。中国科学技术大学生物学系主持该项研究课题，其主要目标是提高该酶的稳定性，增加平衡过程中果糖的含量，从而降低生产成本，简化工艺。已获得的结果包括：(1) 建立了该酶分子改造的研究系统，包括克隆了源于我国自选菌株的酶基因，完成全序列测定，实现该基因的高效表达，并测定了该酶1.9Å分辨率的晶体结构；(2) 通过定点诱变完成8个突变体酶的构建和性质分析，获得热失活

半衰期增加一倍、同时最适反应温度提高10 ℃的有应用意义的突变酶。该成果已申请国家专利。

3. *凝乳酶(原)蛋白质工程* 凝乳酶主要用于生产干酪，在国际上其产值占整个酶制剂产值的15.5%。此项研究由中科院微生物研究所主持，生物物理研究所参与合作，主要目的是以蛋白质工程为手段研究重组凝乳酶原的折叠规律，在此基础上寻求切实可行的提高基因工程酶包涵体复性率的工艺路线，为工业化生产奠定基础。已取得的主要结果有：(1) 揭示二硫键错误配对是凝乳酶原复性率低的主要原因，证明在复性过程中加入蛋白质二硫键异构酶可使复性率提高到80%～90%；(2) 鉴别出不同二硫键对凝乳酶原折叠的贡献不同，处于表面的Cys_{250}—Cys_{283}最为重要。在此基础上提出凝乳酶原体外再折叠分两阶段的模型，对解决该酶原基因工程表达中的变性问题有指导意义。

4. *枯草杆菌蛋白酶的蛋白质工程* 枯草杆菌蛋白酶是广泛用于洗涤工业中的一种重要的酶。由中科院遗传所和生物物理所共同主持的该项研究的主要目的是通过酶分子改造，获得抗氧化并能高效表达的碱性蛋白酶。已通过定点诱变使该酶抗氧化性达到95%以上，并提高酶的比活力2～3 倍。同时通过随机突变获得热稳定的碱性蛋白酶，其热失活半衰期比野生型延长3～4 倍；在65 ℃的高温下，半失活时间长达82 min。由此获得了既抗氧化又耐热的碱性蛋白酶。这一研究结果已获得国家专利。

5. *蛋白酶抑制剂的蛋白质工程* 中国科学院上海生物化学研究所的研究人员通过蛋白质工程途径研究慈姑蛋白酶抑制剂和南瓜族的天花粉蛋白酶抑制剂的结构与功能取得显著成绩，其主要结果有：(1) 确认慈姑抑制剂的活性中心为Lys (44) 和Arg (76)，阐明分子中二硫键的作用；(2) 通过改变抑制剂的专一性，确认天花粉蛋白酶抑制剂的专一性相关残基。

6. *天花粉蛋白的分子改造* 天花粉蛋白属I 型核糖体失活蛋白，最早用于中期引产，具有广谱的抗病毒作用，能抑制人艾滋病病毒 (HIV-I) 在受感染细胞中的复制。但该蛋白在人体内会引起免疫应答，导致过敏反应。该项研究由中国科学院生物物理研究所和上海细胞生物学研究所主持，上海有机化学研究所参加部分工作，主要目的是通过对该蛋白分子的结构与功能的改造，降低其免疫原性。已经通过测定突变体与单抗TET 的结合能力，推断与单抗 TET 结合的可能分子部位。同时通过定位诱变实验，揭示了氢键对活性部位构象及生物活性的可能影响。

7. *蛋白质分子设计及其新方法研究* 在中国科学技术大学生物学系主持下，该项研究取得了具有创新意义的成果。他们通过酶与底物、药物与受体结合自由能及稳定性的计算机模拟，证明用分子动力学、热力学积分方法计算自由能是分子设计的有力工具；同时指明，目前尚不能把自由能模拟视为研究蛋白质稳定性的可靠工具，这已在国际上这一领域中引起重视。同时，以BPTI 为对象，对蛋白质及其周围溶剂的静电相互作用进行了计算机模拟；还将宏观的连续介质模型与微观的PDLO 结合，模拟了蛋白质中氨基酸残基的溶剂化。

8. *蛋白质结构预测和模型构建* 中国科学院生物物理研究所建立了以神经网络计算预测蛋白质二级结构的方法，成功率优于60%。在此基础上，进一步运用简化的二态蛋白质分子能量函数预测同源蛋白质的三级结构，预测精度可优于1 Å。中国科学院上海生物化学研究所在改进同源蛋白质模型建造方法的基础上，建立了一套蛋白质三维结构

的同源模型建造（modeling）计算机软件PMODELING。该软件系统分成主链模型建造、侧链模型建造和质量评估三大部分，共7个模块，可在SGI工作站上运行，也易于移植到微机平台上操作。该系统与目前流行的商品软件相比，具有精度高、操作自动化程度高和运行时间少的优点。

前景和展望　作为第二代遗传工程，蛋白质工程研究为正在产业化的基因工程的发展注入了新的生命力。目前，蛋白质工程作为一种强有力的生物技术，已经在蛋白质药物改造、酶工程、抗体工程、分子电子器件和新型医学生物材料研制中获得越来越广泛的应用。蛋白质工程面临的最大挑战也是最振奋人心的目标，是创造自然界中不存在的新型蛋白质。以成功地从头设计并合成简单蛋白质为标志，科学工作者已经跨越了这一征程的第一个里程碑。同时，蛋白质工程正在推动一个从预定生物学功能到预期的蛋白质结构，再到编码基因及其表达的反向生物学的发展。迄今为止，从基因到蛋白质结构，再到生物功能，是分子生物学的中心和主流，它的成就对现代生物学的发展起了巨大作用。由蛋白质工程推动的反向生物学研究的深入，对未来生命科学的更大发展可能发挥重大影响。

展望今后，未来20年间，蛋白质工程将处于一个迅速发展的时期。生物技术的诞生和拓展，始终是与我们对生命现象本质认识的不断深入相伴而行的。随着后基因组时代的来临，蛋白质正成为生物功能研究的中心，对与蛋白质相关的一些重大基础问题（如蛋白质折叠机理，结构与功能关系规律）的了解正在发生新的飞跃，蛋白质工程也将随之进入成熟期。一方面，研究方法和技术将日臻完善；另一方面，在与结构基因组学的密切结合中，可望获得一批有重要应用价值的成果。但作为以改造通过长期自然进化产生的天然蛋白质为目标的高新技术，蛋白质工程会遇到一系列困难，在产业化方向上将有艰难历程。在这里，希望与挑战并存，艰辛与硕果同在。中国的蛋白质工程研究必须坚持不懈，努力在这一进程中做出自己应有的贡献。

参考文献

邹承鲁，雷克健：蛋白质工程：生物技术新领域，《生物工程进展》，36：1～8，1987。

王大成：蛋白质工程，见：孟广震主编：《中国科学院生物技术研究进展》，北京：科学出版社，33～40，1998。

王培之主编：《蛋白质工程》，哈尔滨：黑龙江教育出版社，1991。

（王大成）

动物细胞工程

(Animal Cell Engineering)

动物细胞工程就是应用细胞生物学和分子生物学的方法在细胞水平上进行的遗传操作，简单说来就是改造细胞，造福于人类。然而从更广义的内容来看，体外培养和大量繁殖细胞以获得有经济价值的生物产品或细胞本身的领域也应包括在内。细胞工程又是一门渗透工程学的生物学，是一门综合性的科学技术。它最终的目的是为了生产特定的生物产品，快速繁殖和培育新的优良品种，同时也可用细胞工程的技术来制作细胞模型或动物模型，研究细胞内的各种生物学机理和所涉及的人类疾病特别是遗传性疾病及其对策。

细胞工程所涉及的主要技术有细胞融合、细胞拆合、染色体转移和基因转移，这是从细胞结构的不同层次上进行的，也就是说从细胞整体水平、核质水平、染色体水平

以及基因水平上对细胞进行遗传操作。最后一项水平上的遗传操作实际上已步入与基因工程重叠的范畴。此外细胞培养是细胞工程的基础技术，要想改造细胞，首先就需要在人工条件下养活细胞，因此细胞培养是细胞工程的基本技术。

细胞融合　把细胞融合作为一门技术建立和发展，还是近30年来的事。在60年代已发现不同类型的细胞在混合培养过程中会自发融合，以后又发现仙台病毒可以诱发细胞融合。人工诱导细胞融合的方法被广泛应用于种内、种间、属间、科间的杂种细胞的构建，迅速发展成为一项在生物学科基础理论研究或在应用方面均具有广阔前景的一门细胞工程技术。

融合方法：细胞虽然在体外培养条件下会自发融合，但频率极低。一般均需添加具有融合效应的生物因子（如仙台病毒）或化学因子(化学融合剂)，也可采用电融合技术，使细胞膜的结构发生变化，促使两个细胞融合。其中最常用的化学融合剂是聚乙二醇(PEG)，它具有来源方便、使用简便、活性稳定、融合频率高等显著优点。所以细胞融合就是使用人工的方法，使两个或更多个不同的细胞融合成一个细胞的技术。融合的结果是一个细胞含有两个或几个细胞核。在有些融合细胞中，来自不同细胞核的染色质合并到一个核内成为一个杂种细胞，这种融合的新细胞获得了不同细胞的遗传物质，所以能表现两种细胞的遗传特性。

杂种细胞的筛选：在融合过程中并非所有的细胞都能融合，例如以PEG 作为融合剂时，大约只有万分之一或十万分之一的细胞最终能形成杂种细胞，此外由于融合的随机性，还可能发生同种细胞间的融合，因而需要设法把融合的杂种细胞分离或筛选出来。一种常见的方法是应用酶缺陷型细胞和选择培养基，让亲本细胞死亡，而仅让杂种细胞存活下来。例如基于细胞药物抗性的HAT 选择培养基，所谓HAT 选择培养基就是在培养基中加入次黄嘌呤（H）、氨基蝶呤（A）、胸腺嘧啶（T）。细胞合成DNA 有两条途径，一条是从头合成的途径，利用基本原料逐步合成DNA，而A 可阻断该途径。另一条为应急途径，当从头合成途径受阻断时，细胞可通过次黄嘌呤磷酸核糖转移酶（HGPRT）和胸腺嘧啶核苷激酶（TK）利用H 和T 来合成DNA。用于融合的亲本细胞之一是酶缺陷型细胞，缺乏HGPRT 和TK 酶，因而在从头合成途径受阻后，不能通过应急途径合成DNA而死亡；而另一个亲本细胞却非酶缺陷型，因此通过细胞融合后的杂种细胞能存活下来而被选择。

细胞融合的应用：细胞融合可用于基因定位、遗传缺陷的基因互补、分化功能的表达调控等研究，但目前细胞融合中最广为人知而且应用最广的是淋巴细胞杂交瘤技术和单克隆抗体的产生。

淋巴细胞杂交瘤和单克隆抗体：淋巴细胞杂交瘤就是把能产生特异抗体的淋巴细胞（例如产生针对肿瘤或病原体的抗体的淋巴细胞）和具有无限分裂能力的酶缺陷型骨髓瘤细胞融合，产生的融合细胞就叫淋巴细胞杂交瘤。由于这些能产生抗体的淋巴细胞在体外不能大量增殖和长期存活，因此所能获得的特异抗体的量也极少，难以为人们所利用。通过细胞融合技术，和骨髓瘤细胞融合成一个细胞以后，它就获得了肿瘤细胞在体外无限增殖的能力，同时还能产生特异性抗体。因此通过选择培养后存活的杂交瘤细胞大量增殖，并产生大量的特异抗体，如抗细菌、病毒和肿瘤的单克隆抗体。之所以称为单克隆抗体是因为它们都是从一个细胞或一个细胞克隆繁殖的后代所产生的。由于是单

克隆抗体，它就只识别一种决定簇，这对研究细胞表面分子特别有用。因为不同细胞的表面上虽有其特定的分子，但还有许多与其他细胞共有的分子，因此用该细胞免疫后产生的抗血清（多克隆抗体）常难用于区分其他细胞，例如无法将肝细胞和肝癌细胞区分开；而只针对肝癌细胞相关分子的单克隆抗体（简称单抗）就可以区分开。目前单抗最广泛的市场应用是作为体外诊断试剂，大部分用于传染病和肿瘤的诊断。但单抗也可用于体内诊断，用同位素标记的单抗注入体内后滞留在特定组织中的成像技术可用于肿瘤、心血管畸形等的体内诊断，也是体内成像技术中可选择的途径之一。除诊断外，单抗还可以作为导向药物的载体用于体内治疗。所谓导向药物是指以有导向能力的物质为载体的药物，各种药物，如抗癌药、抗生素等结合特异的单抗以后，就可定向地到达特定（病变）的部位而不作用于其他细胞组织上。除药物外，单抗还可以结合同位素、毒素等定向地起作用，所以又称为生物导弹。从目前国际趋势来看，单抗在生物工程中的地位已经不容忽视，其市场前景不亚于基因工程产品。在国内，新的单抗迄今不断有很多报道，成为我国细胞工程产品中的重要部分。

细胞拆合　细胞拆合就是从细胞中分离各种组分，如细胞核、细胞器等，然后再将来源于不同细胞的组分重新装配成具有生物活性的细胞，从而改造细胞，创建具有特定性状和功能的工程细胞。细胞拆合技术是随着核－质关系的研究而逐步发展和完善起来的，所以细胞核移植的研究最早也最为成熟。

核移植：核移植是指将一种细胞的细胞核移植到另一种去掉了细胞核的细胞质内。例如可以用化学药品细胞松弛素，破坏细胞质中的细胞骨架中的微丝系统，原先束缚在骨架系统中的细胞核便松动了，通过离心以后，细胞核便被甩出细胞外，原先的细胞便拆成细胞核和胞质体两部分；然后再和其他细胞的拆分组分重新组装成一个具有细胞核和细胞质的完整细胞。我国科学家在用核移植技术选育鱼类新品种方面是有特色的，用鲤鱼细胞核和鲫鱼卵细胞质所形成的核质杂种所培育出来的鱼，兼有鲤鱼和鲫鱼的特征，形成了一个新品种。由不同亚科的鱼类如草鱼和团头鲂形成的移核鱼也具有移核亲本草鱼的外形及生长较快等优良性状。所以核移植为克服鱼类之间的远缘杂交，培育种间、属间、甚至目间的鱼类新品种提供了可能。在哺乳类中的核移植也获得了成功，为培育良种家畜建立了一条途径。近来报道的克隆羊——多莉绵羊实际上也是应用了核移植技术，但它是将一个成体细胞的细胞核移植到去核的卵细胞中，激活后在子宫内发育而成，所以也是一个核质杂种。国内也已有克隆牛的报道。此外近来还开展了一种通过核移植和定向分化来进行移植治疗的策略。如将病人细胞（如皮肤细胞）的细胞核移植到去核的卵细胞中，使之进行早期发育，生成多能干细胞，通过定向诱导使之分化成能取代病变组织的细胞。如分化生成的心肌细胞，通过移植用于取代病人受损的心肌组织；植入分泌胰岛素的胰岛细胞可以治疗糖尿病；分化的软骨细胞可用于治疗骨关节炎等。由于植入细胞的细胞核是来自病人，因此可以避免免疫不相容的问题，应用前景虽然很好，但仍然存在很多技术问题留待解决。目前异种细胞间的核移植也在探索中。

线粒体移植：除了核移植外，线粒体的移植近来也屡有报道，主要是分离细胞内的线粒体，通过显微注射注入受精卵中，以建立动物模型，为治疗人类由于线粒体畸变或突变所造成的代谢性疾病寻求途径。

染色体转移　除了在核质水平上转移整个细胞核的基因组外，还可以在染色体水平上改变细胞的遗传特性，这就是染色体转移或染色体导入。它是将与特定基因表达有关的染色体或染色体片段转入另一个细胞，该基因能在新细胞中表达，并且能在细胞分裂中传递下去，这就叫染色体转移。常用的方法有微细胞介导和染色体介导两种方法：

微细胞介导法：所谓微细胞就是指只含有一条或几条染色体、外有一薄层细胞质和一个完整质膜的核质体。这种微细胞只能存活几个小时，但可以用细胞融合方法使其与另一个完整的受体细胞融合，从而把所含的一条或几条染色体转入受体细胞，成为能表达新性状的杂交细胞。用微细胞介导进行基因转移，其优点在于受体细胞只纳入一条或几条染色体，只引进少量细胞质，这样可以减少对受体细胞的影响。由于微细胞被导入受体细胞以后仍能进行RNA 合成，因而微核编码的基因信息可以在杂交细胞内表达出来。微细胞的制备比较简单，一般是先用有丝分裂阻断剂（如秋水仙胺等）处理供体细胞，使细胞停滞在有丝分裂中期，从而在染色体周围逐渐形成核膜而成为多个微核，然后在细胞松弛素B 作用下，通过离心就可以得到含有一个微核，周围有一薄层细胞质和细胞膜的微细胞。含单条染色体的人—鼠杂交细胞，可用于基因定位。此外曾报道用含人免疫球蛋白基因的各条染色体，通过微细胞介导的方法导入小鼠胚胎干细胞，在发育的小鼠的细胞内检出了人的染色体存在，并在成体鼠内组织特异地表达人抗体的轻链或重链。近年来发展了应用人工制作的小染色体作为载体来转移基因，如将含细胞因子IL-2基因的小染色体和有IL-2 才能生长的细胞融合，形成的杂交细胞能在不含IL-2 的培养液中生长。

染色体介导法：染色体介导的基因转移是通过细胞内吞来实现的。它也是阻断供体细胞分裂于中期，再破碎细胞，通过离心收集大量的中期染色体，然后通过适当分选或进一步分类供转移用。染色体介导的基因转移是通过受体细胞吞噬染色体进入胞内的。由于是通过吞噬进入胞内，大多供体染色体在胞质中被降解，迄今未观察到完整的供体染色体，但能检出被转移的染色体片段，并以低频率同受体细胞的染色体结合。由于染色体的转移是通过细胞吞噬而进入受体细胞的，因此为了提高转移频率可通过磷酸钙共沉淀或包入脂质体的方法，通过细胞吞噬将染色体导入受体细胞内。

自从染色体转移技术创建以来，这一技术还在不断发展完善。例如用定位整合或定位缺失的方法对染色体进行加工，以更精确地研究其结构与功能。通过染色体转移技术可以将基因导入受体细胞，可用于基因定位，阐明基因在染色体上的连锁关系，以及研究病毒DNA 的染色体整合现象。近来有报道利用染色体转移的技术，建立细胞或动物模型，来研究与染色体相关的遗传性疾病。如在小鼠中建立模拟人类第21条染色体三联体的唐氏综合征的三联体染色体小鼠；有的通过定位缺失在小鼠中建立模拟人类染色体22q11 缺失时所造成的心血管缺损的疾病模型。至于用于培育新品系等应用开发尚待进一步研究。

基因转移　这种技术是DNA 介导的基因转移。它是将纯化的外源DNA 导入细胞，并使外源DNA 所包含的基因在受体细胞内表达。将DNA 导入，同样可以通过磷酸钙共沉淀或包入脂质体的方法，也可通过电穿孔方法导入的，但片段较大的DNA 要通过显微注射。用显微注射DNA 来转移基因的方法也有其优点，因为它是在显微镜下操作，因此

可以将注射针从特定位置插入细胞，按要求将DNA溶液注入细胞质或细胞核内。由于是直接注入细胞，因此显微注射细胞的转化率可能达到1%～10%。DNA介导的基因转移已有报道，如促红细胞生成素基因的转移；有的基因转移是为了取得有用的疫苗制品，如表达的人绒毛膜促性腺激素HCG β亚单位可供制作避孕疫苗。这种技术实际上已和基因工程的领域重合，可以参阅基因工程部分的介绍。

如果将外源基因导入受精卵或胚胎细胞，通过植入另一个动物假孕的子宫，就可以获得转基因动物。在我国已建立了转基因的鱼、小鼠、兔、猪等。DNA介导的基因转移在理论上为基因结构功能和定位的研究，在应用上为获取大量基因表达产物、基因治疗、遗传育种等开拓了一条新的途径。

细胞培养和大量培养 细胞培养是细胞在体外条件下生长。细胞可以在人工培养条件下进行生长和增殖，并保留其原有特点，可用于生物医学的研究和应用。例如培养雪旺氏细胞（SC）可以分析SC促进神经再生机制、SC源神经营养因子及SC移植对临床治疗神经系统疾患的潜在价值；培养能分泌胰岛素的胰岛细胞可用于移植以治疗糖尿病；各种动物的胚胎干细胞的培养以供细胞工程应用。细胞可以在体外持续生长形成细胞系或克隆化的细胞株。国内在这些方面有很多报道。近年来发展了使胚胎干细胞（ES）定向分化的技术以获得特定的分化细胞，并开展三度空间培养以产生组织甚至器官的研究，已进入了组织工程和器官工程的范畴了。

细胞培养的基本条件：体外培养除了需要培养器、培养箱等设备以外，还需要血清和培养基。培养基中包括有氨基酸、维生素等组成的营养成分、生长因子、抗生素、生物缓冲剂等多种成分；血清可以使用各种动物血清，包括人血清在内，但常用的是新生小牛血清和胎牛血清。血清虽然是细胞生长所必需，但有一个缺点，它不同于人工合成的各种培养基的各种成分都是限定或确定的，它是非限定的，并有批间差异，同时还可能引起生物污染（如支原体污染），此外由于血清的成分十分复杂，给日后的纯化细胞产物带来许多不便，成本又昂贵，所以发展了无血清培养基；比无血清培养基更进一步的是无蛋白培养基，由于不含蛋白，纯化产品就更简单了，而且价格低廉，已成功地用于多种动物细胞株和杂交瘤的培养。这些研究在国内也相当成功。

大量培养和生物反应器：近年来通过细胞工程建立了各种能产生有用产品的工程细胞，可以利用这些细胞形成生物工程产业。因此各种形式的大规模细胞培养器或生物反应器便相应地发展起来，使细胞能在大规模细胞培养器中生长，以获得大量的细胞或细胞产品。然而动物细胞的培养和细菌的大量培养完全不同，它们要脆弱和复杂得多，它们需要特定和精确调控的环境，包括营养的供应和废物的排除、气体交换、培养液的酸碱度等都要求精细的控制；而且细胞的生活习性也有不同，有的可以悬浮培养，有的需要贴壁在介质上，才能生长和生成产物，因而细胞培养有各种不同的设计。这种培养常是高密度培养，一般可达每毫升10^7个细胞或更多。

近年来发展了多种适合哺乳类细胞大量培养的生物反应器，如中空纤维系统、搅拌式的微载体系统和微囊系统。国内已用上述各种生物反应器来培养杂交瘤细胞以获得单抗，培养各种工程细胞以获得有用的产物，培养哺乳类病毒宿主细胞以获得大量病毒来制备疫苗。来源于血液或淋巴组织的细胞以及大多数肿瘤细胞和有些转化细胞适应悬浮生

长，可用适合于悬浮细胞生长的搅拌式反应器；但绝大部分哺乳类细胞，尤其是正常细胞均具贴壁依赖性生长的特性，即使是肿瘤细胞也非都适应悬浮生长的环境。由于生物反应器的容积有限，根据扩大表面积的构思，在生物反应器中引入了两种很有效的载体。一种是小珠状的微载体，其直径从几十到几百微米不等，当其悬浮在培养液中，细胞就贴附在其表面得以迅速增殖，配上适当的换液、换气的调节系统就可进行高密度培养。但由于实心载体的表面积较小，现在发展了内部为联通孔道的大孔微载体以最大限度地扩大面积。另一种是小管状的空心纤维，其管壁是通透性的，流经纤维的空气和营养能透过管壁扩散到附着在中空纤维外表面的细胞上，有如体内的血管系统。至于微囊系统则是将细胞包在由半透膜构成的微囊中，把这种微囊悬浮在培养液中培养，废物可通过半透膜不断排出，而所需要的大分子产物（如抗体）则被阻留而累积在囊内，最后只需离心收集微囊并打开囊膜，即可分离获得高浓度的大分子产物，简化了下游的加工，同时细胞位于囊内也减少了由于与外环境接触而导致的物理损伤。随着技术的发展，还将有其他形式的生物反应器推出，结合无血清培养基的应用，可使成本下降。

从目前细胞工程进展的各方面来看，动物细胞工程具有广阔的前景。它是建立在生物资源的可循环性上，既节约能源，又有利于保持自然条件。随着科学的发展，在今后的几十年内将为人类做出巨大的贡献。

参考文献

张玉姣，汤钊猷，谢弘等：《中华核医学杂志》，10（4）：216～218，1990。

严绍颐，陆德裕，杜森等：《生物工程学报》，1（4）：15～26，1985。

陆仁后，陈尚萍，魏彦章：《水生生物学报》，12（1）：85～86，1988。

邓辉南，陈清轩，魏庆信等：《生物工程学报》，12（1）：91～93，1996。

张孝兵，张元兴：《华东理工大学学报》，23（4）：417～421，1997。

（叶　敏）

植物细胞工程

(Plant Cell Engineering)

植物细胞工程是生物技术中的重要分支，它包括细胞培养、组织培养和器官培养等等。植物细胞工程与植物遗传育种相结合，可以直接为作物育种服务，如花粉单倍体育种、细胞突变体筛选、植物幼胚培养、植物茎尖脱毒培养、植物快速繁殖、植物体细胞胚胎发生和人工种子等。植物细胞工程与次生物质代谢研究结合，可以为药物生产服务。此外，植物细胞工程是植物基因工程和分子生物学的基础。由于植物细胞工程与生产实际紧密联系，推动我国农业、轻工业、医药生产等发展，受到了我国政府的重视，植物细胞工程得到了迅速的发展。

植物细胞工程与育种　植物细胞工程育种是我国生物科学工作者重要的研究领域。在国家科委生物中心和中国科学院生物局的领导下，在“六五”、“七五”、“八五”期间取得很大进展，达到世界先进水平。如在花药培养单倍体育种上培育出一批烟草、水稻、小麦、玉米、油菜、甜椒等新品种，并应用于生产。植物染色体工程方面，应用异源基因改良小麦，创制小麦和黑麦、山羊草、天蓝冰草、中间偃麦草、长穗偃麦草等各种近缘植物的双二倍体以及小麦单倍体和缺体系统，利用这些系统培育出许多新品系和新材料，为育种服务。在植物细胞突变体筛选方面，也选出抗病、抗除草剂等新品种。植物

细胞工程技术和常规育种方法相结合，为我国新品种的培育做出了很大贡献。

植物胚胎培养 植物胚胎培养就是采用人工办法从植物种子中把幼胚分离出来，放在人工合成的培养基上培养，使它发育成正常植株。

我国植物胚胎培养工作起步并不晚。李继侗等于1934年成功地培养了银杏离体胚，并发现银杏胚乳提取物对胚的发生有促进作用。罗士韦等于1943年也成功地进行了云南油杉和铁杉的幼胚培养研究。解放后，我国科学工作者已广泛地应用幼胚培养方法，先后成功地开展了向日葵、桃、柑橘等20多种植物的胚胎培养工作，取得显著成绩。植物胚胎培养能克服在远缘杂交中的胚与胚乳不亲和性和杂种不育的困难。如陆地棉和中棉杂交时，传粉15天后胚乳开始解体，通过幼胚培养获得后代，选育出了新品种。如中国农科院蔬菜研究所从1963年进行大白菜与甘蓝的远缘杂交，采用幼胚培养技术，培育出了“白蓝”新品种。幼胚培养对于一些胚发育不完全的植物获得后代十分有效。昆明植物所在天麻幼胚培养中获得成千上万株植物，使天麻能进行工厂化生产，获得很大经济效益。中国科学院植物研究所和北京市果林所协作，通过幼胚培养技术培育出早熟桃“京早三号”新品种。这些工作说明幼胚培养与生产密切结合，在新品种培育上起到了显著作用。目前此方法已成为杂交育种工作中的一个常规手段，广泛应用于育种实践，为我国农业生产发挥重要作用。

植物体细胞胚胎发生和人工种子研究 什么叫胚状体？胚状体是由孢子体或配子体细胞通过无性繁殖产生的一种与合子胚结构相似，具有经原胚、心形胚、鱼雷形胚及具有子叶的成熟胚的发育程序的结构。胚状体具有胚根、胚轴和胚芽的完整结构，它与母体没有维管束联系。

植物体细胞胚胎发生是细胞工程中植株再生的重要途径之一，是研究细胞全能性、植物分化及植株再生的实验体系，是进行基因转导、种质保存、快速繁殖、人工种子研制的重要手段。

植物人工种子——以人为的方法创造出一种和天然种子相类似的结构。人工种子包括人工种皮、人工胚乳和体细胞胚三个部分。人工种子具有许多优越性，通过组织培养产生的体细胞胚，具有数量多（1 L 培养基中可产生10万个胚状体）、繁殖速度快、结构完整等特点，同时它可以固定杂种优势，可以作为高等植物基因工程的桥梁。

植物人工种子的研制近年来在国外普遍引起重视，美国、法国、日本等国均相继开展研究，取得了较大的进展。在国家科委的支持下，我国植物人工种子的研究工作也取得可喜的进展。在植物体细胞胚胎发生诱导方面，对胡萝卜、黄连、芹菜、苜蓿、西洋参、松树等100多种植物已诱导产生体细胞胚胎。黄连、芹菜等10多种植物制成了人工种子，在土壤中能萌发长成植株。目前，植物人工种子的一些工艺流程尚需进一步研究，如提高萌发率等。人工种子具有很高的实用价值，随着研究工作的进展，将会在生产中发挥重要作用。

植物快速繁殖 在60年代兰花快速繁殖获得成功后，国际上逐步建立起试管苗工业。无病优质种苗生产已广泛应用于花卉、蔬菜、果树和林业苗木栽培。我国快速繁殖、无病毒种苗生产在“六五”和“七五”期间有较大的发展，而且集中于经济意义较大的经济植物，取得了较大的经济效益。例如由日本和中国种子公司成立的兰花合资企业取得了显著经济效益。又如广东华南植物所和广东新会合作的香蕉试管苗的生产，每年生产

几千万株香蕉苗。种植香蕉试管苗可增产20%以上。我国南方柑橘无病毒试管苗也已广泛推广应用。东北吉林葡萄试管苗也已应用于生产。广西林业研究所建立的杨树试管苗工厂，也取得了显著成绩。我国的试管苗快速繁殖已工厂化生产，达到世界先进水平。

植物细胞工程方法生产次生代谢产物 随着对植物细胞全能性的阐明及广泛的研究证实，科学家们借鉴微生物发酵的成就和经验，试图通过对高等植物细胞大量培养，获得某些有用的次生代谢产物。自1956年，Routie 和 Nickell 首次利用植物细胞大量培养技术生产天然产物以来，经过了几十年的努力获得了初步成功。1983年，日本先后实现了辽宁紫草（*Lithospermum erythrorhizon*）细胞培养生产紫草宁（Sikonin）以及用黄连（*Coptis japonica*）细胞培养生产小檗碱（Berberine）的工业化生产，并投入商业应用。以紫草宁作为天然色素，进入了口红、肥皂等产品的生产。许多植物如人参、长春花等的次生代谢产物的细胞工程的研究也已达到中试水平。我国科学家在近40年研究中，在这领域也取得了很大成就。如人参、三七的细胞发酵培养，以及新疆紫草、西洋参、青蒿等细胞大量培养取得很大进展，目前正在进行中试生产。

在培养方法方面，对植物细胞大量培养所需的各种反应器进行了研究与完善，对培养的工艺流程做了改进。如两步培养系统的建立、固定化培养、两相培养、同步培养的控制技术都取得了很大进展。

随着基因工程技术的发展，如近几年来利用农杆菌基因转导技术、培养毛状根生产有用的次生代谢产物、利用外源基因导入改变植物次生代谢途径以及反义技术的运用等都取得可喜的进展，植物细胞工程也将会得到更大的发展空间。

参考文献

胡含，王恒立主编：《植物细胞工程与育种》，北京：工业大学出版社，1990。

郭仲琛等编：《植物细胞工程研究新进展》，北京：学术期刊出版社，1988。

孙敬三，陈维伦主编：《植物生物技术与作物改良》，北京：中国科学技术出版社，1990。

（郭仲琛）

花药培养与单倍体育种（Anther Culture and Haploid Breeding）

20世纪20年代植物细胞遗传学兴起时，单倍体即为植物（细胞）遗传学家、植物生理学家、胚胎学家和育种学家所关注。因为它是一种特殊的生命现象，涉及生物的起源、进化、胚胎发生与遗传变异等学科。但到60年代末，被发现的被子植物单倍体仅有71种，属于39个属、14个科。由于单倍体植株自发产生的频率很低，严重地限制了单倍体在作物改良上的应用和遗传学研究。自从60年代Guha 和Maheshiwari 以曼陀罗为材料，通过花药离体培养直接获得单倍体植株以来，国内外学者对诱导花粉发育产生单倍体十分重视。至80年代初，用花药培养法已诱导出被子植物的单倍体，共计247种，它们属于88个属、34个科。

我国在20世纪70年代，开始花药培养研究。当时国际上有200余种植物通过花药培养获得再生植株，其中我国首先培养出来的就有40余种，它们主要是粮食、麦类、油料、蔬菜、林木、果树等重要经济植物，其中水稻、小麦、大麦、油菜、白菜、辣椒等均已形成品种，在生产上发挥了作用。所以1978年德国的Melchers 评论说："单倍体研究起源于印度，而单倍体育种却在中国广泛应用，就应用而言，中国在世界上处于领先地位。"

1. 离体诱导花药（小孢子）培养

将发育着的花药（花粉）通过无菌操作接种在人工培养基上诱导产生愈伤组织或胚状体，愈伤组织或胚状体在分化培养基上分化出再生小苗，移栽成活长成单倍体，经染色体加倍后形成结实的双单倍体植株。影响诱导频率的主要因素有：供体的基因型、培养基的成分、预处理、温度条件及花粉的发育时期等。

基因型　欧阳俊闻等的研究表明，不同基因型的不同花药培养表现的是多基因控制的数量性状。杂种F_1的花药培养常表现杂种优势。此外，张玉玲和李德森利用“中国春”的21个单体系研究了花粉愈伤组织产量的遗传控制，发现染色体2D上有抑制愈伤组织形成的基因。为了克服基因型的制约，李文泽以17个大麦基因型为材料，采用含有麦芽糖和甘露醇的改良培养基使绿苗产量平均达到3.34株/花药，取得了重要的突破。此外，胡含等应用“桥梁品种法”，即用反应型敏感的小麦（小偃759或莱州953）与迟钝型（京411或小偃6号）杂交，然后用杂种进行花药培养，亦获得较好的效果。

培养基成分　朱至清等通过调节铵态氮与硝态氮的比例成功地设计的N6培养基，以及王培设计的C17和欧阳俊闻设计的W14等在国内被广泛应用。此外，朱至清等在液体培养基中以葡萄糖代替蔗糖，使胚状体的产量成倍地提高，这样，他们得到每100个小麦花药产360个绿苗的创纪录结果。

预培养　李文泽、郭向荣等将大麦花药放入0.3 M的甘露醇中（常温25 ℃）培养3天，进行预处理，使花粉饥饿培养，获得好效果。20世纪90年代末，国外一些学者在花药培养过程中应用各种胁迫条件，包括高、低温和/或甘露醇等预处理，对提高诱导频率和克服基因型困难都有好效果。

温度条件　欧阳俊闻和王培等将接种后的小麦花药放在较高温度（32 ℃～34 ℃）下培养8天，然后转移到常温下（24 ℃～26 ℃）培养，能明显地提高花粉愈伤组织和花粉绿苗的频率。

花粉发育时期　何定钢等较精确地研究了小麦花粉发育过程的形态分期。研究表明，除了花粉母细胞及花粉三核期（成熟花粉）没有产生愈伤组织外，从四分体期到二核期是经常可以诱导的。小麦与其他许多植物一样，单核中期或单核晚期的花粉接种，花粉愈伤组织的诱导频率最高。

2. 雄核发育过程的研究

孙敬三等用电子显微镜观察培养花药中单核花粉的第一次分裂，看到两个子核之间只形成“成膜体”及由它发育成的“成膜体—质膜复合体”，而不能形成正常的细胞壁。同时，他们还在培养过程中，观察到小麦花粉除进行有丝分裂外，还进行两类无丝分裂，两者都可产生亚倍体和非整倍体植株。另外，孙敬三和曾君祉等观察到小麦在培养过程中花粉的两个子核融合，这可能是染色体加倍的原因之一。

3. 单倍体的遗传学

花粉来源的单倍体是研究遗传、变异、重组和表达等重要遗传学问题的理想体系，而这些问题又是遗传性状形成机制的基础。由于单倍体具有特殊的遗传学特征，因此离体诱导单倍体植株的主要遗传学特征是：

遗传的（染色体的）稳定性和变异性

多年来，在研究花粉植株体细胞和花粉母细胞的基础上，发现遗传的（染色体的）稳定性和变异性同时存在于花药培养过程中。它是花粉植株的一个重要的遗传学特征。这些结果来自于对小麦、水稻、玉米等植物群体的研究。多年的研究表明约90%的二倍体系在遗传学上是一致的。这些结果揭示，90%

纯合的花粉植株可直接应用于育种与研究。同时，约有10%的变异体，它们在遗传学研究和育种实践中亦有重要作用。

小孢子无性系变异 Scowcroft 等将离体再生植株细胞中的染色体数目与结构变异，称为体细胞无性系或配子无性系变异。但由于花粉植株来源于小孢子，而不是配子，所以应称它为小孢子无性系变异。胡含等的研究表明，在花药离体培养过程中常产生各种非整倍体(如缺体等)，这种变异具有普遍性。染色体结构变异的主要机制是断裂和重融。这些原理为产生异源易位系和异源基因定位开辟了新途径。

遗传基因型在纯合的植株水平上充分表达 胡含等对这一问题进行过详细研究，结果表明，由于在离体花药培养过程中没有有性过程，从而避免了受精时配子类型间的竞争。杂种花粉粒所产生的不同配子类型，包括重组体和变异体能够充分保留，这些类型能在一个世代中充分表达和在花粉植株水平上快速稳定。同时，当有几个独立遗传的基因分离时，人们所期望的纯合重组体出现的几率用单倍体育种法是1/2，而二倍体育种法是1/4，因此显性或隐性的纯合重组个体的选择几率，在单倍体法中比二倍体法高 2^n 倍，从而能够提高选择效率，极大地缩短了研究和育种的周期。

4. 单倍体育种

1975 年，我国育成首批花培水稻新品种，以后又先后育成了一批“中花号”水稻新品种，并同时育成一批籼稻新品种。1984年胡道芬育成的冬小麦新品种“京花1号”，在生产上广泛应用，被国内外公认是一个新的突破。从1996～1999 年，我国育成新品种35 个，其中水稻14 个、麦类13 个、油菜2 个、大豆1 个、马铃薯1 个、玉米1 个；各类品种(系)总种植面积达60 000 km^2，其中水稻22 000 km^2，麦类34 000 km^2，油菜730 km^2，增产粮油 2×10^9 kg。

小麦花培育种 除了上述京花1 号小麦外，胡道芬等还选育出优质高产的京花3 号和早熟、高产、抗倒伏的京花5 号。新疆奎屯农科所在条件恶劣、环境困难的情况下育成奎花1 号新品种，在生产上广泛种植，三年累计种植面积达1 240 km^2，占新疆冬小麦播种面积的12%。我国其他单位育成了花培764、甘春16 号、张春11 号、峡麦1 号、豫麦6 号、高原 6072 等花培新品种，总播种面积达11 600 km^2。

水稻花培育种 20 世纪80 年代，我国相继育成22 个水稻花培新品种，它们是中花8、9、10、11、12 号，京花101、京花103，宁粳11 号，花培528 等，推广面积10 000 km^2。此外，用花药培养技术在杂交稻提纯复壮工作上，取得了较大的成果。用花药培养提纯更新的不育系、保持系，其产量比对照增产 10%，在全国 12 个省市推广面积达3 000 km^2。

大麦花培育种 李安生与陈和等用花药培养技术选育出优质、高产、抗病、抗逆的啤酒大麦新品种单二大麦。1997 年通过品种审定，至今已累计推广面积3 300 km^2。黄剑华等用游离小孢子培养选育的花-30 啤酒大麦新品种，1999 年通过品种审定，至今已推广330 km^2。

玉米花培育种 玉米花培杂交品种桂三1 号，于1992 年通过广西作物品种委员会审定，是世界上第一个采用花培育种法培育的玉米杂交种，种植面积130 km^2。

油菜花培育种 中国农科院油料所王汉中用游离小孢子培养选育的双低(低芥酸、低硫苷)油菜新品种中油杂1 号，已通过审定，1999 年种植面积达1 300 km^2。华中农大选育的双低油菜新品种华双3 号，亦已通过

审定，种植面积达950 km^2。

白菜花培育种 曹鸣庆等改进和优化了大白菜游离小孢子培养技术，大大突破了基因型的制约，几乎在所有的供试大白菜材料上都获得了小孢子胚与植株。已培育出的早熟、优质、高产新品种北京桔红心，深受市民欢迎，并于1999年申请了国家专利和通过了北京市品种审定委员会审定。

甜椒花培育种 蒋仲仁与李春玲用他们选育的甜椒海花31号品种作为杂交种亲本已在生产上应用，累计推广面积58 km^2。他们经营的海花公司三年销售种子35 000 kg。

果树花培育种 中国农科院兴城果树所用梨锦丰品种进行花药培养，成功地获得具有矮化性状的植株。我国的苹果和梨的花培育种在世界上首次获得成功。

花粉植株的染色体工程 胡含等将染色体工程与花药培养相结合，并运用综合的鉴定技术，创建花粉小麦染色体工程，转移异源染色体或片段（基因）到栽培种中，从而创制小麦新品系，同时已获得了非罗伯逊易位系（non-Robertsonian lines）。这一方法对创制种质资源具有重要的潜力。秦瑞珍等以具有不同类型配子的同源四倍体水稻为材料，通过花药培养，将四倍体水稻的非整倍性保留下来，从而直接、快速、有效地创造三体和纯合加倍单倍体(DH)，供遗传学研究和育种应用。这是花药培养结合水稻多倍体育种很好的实例。

DH群体的应用 应用单倍体鉴定分子基因，特别是数量性状（QTL）分析，是一新的研究领域。陈英等以一个典型的籼/粳组合、窄叶青8号/京系17的F_1花药进行培养，获得DH群体。它是一个获得水稻稳定DNA多态性的重要工具。同时，DH群体也是禾谷类作物RFLP制图法的基础。

参考文献

胡道芬：植物细胞工程育种，见：胡道芬主编：《植物花培育种进展》，北京：中国农业科技出版社，1～5，1996。

Hu，H.：*In vitro* induced haploids in wheat，In：Jain，S. M. Sopory，S. K. & Veilleux，R. E.（eds.）：*In vitro Haploids production in higher plants*，73～97，1997。

郑企成，白新盛：浅谈我国农作物细胞工程，见：郑企成主编：《育种生物技术培育作物新品种论文集》，2000。

（胡 含）

植物原生质体（Plant Protoplast）

原生质体一词是Hanstein在1880年时提出来的，其含义是“植物细胞通过质壁分离，能够和细胞壁分开的那部分细胞物质”，也就是说，原生质体是除去细胞壁的植物细胞，或者是一个为质膜所包围的裸露植物细胞。在20世纪60年代以前，主要是通过机械法来制备原生质体。植物细胞质壁分离后，原生质体收缩成为圆的球体，用刀或其他工具切割细胞。细胞壁被切破、且未受到伤害的原生质体可收集用做研究的材料，但由于能得到的数量太少难以用于理论或应用的研究。1960年，Cocking，E. C.用酶法分离番茄根部组织，制备了大量生活的原生质体。他的工作在原生质体研究上起到里程碑的作用。

虽然以后的研究在原生质体制备方面不断完善，但基本还是沿用Cocking的思路。用甘露醇、山梨醇或其他糖类制备高渗溶液，在高渗溶液中放入果胶酶、半纤维素酶及纤维素酶。果胶酶消化植物细胞间的果胶，把组织分离成单个植物细胞，而纤维素酶则消化细胞壁。所用酶的种类、浓度、材料在酶液中处理的时间、是否需要振荡等都应按不同材料而异。一般在酶液中加入一定量的Ca^{2+}，

以大大提高细胞膜的稳定性，加入葡聚糖、硫酸钾、KH_2PO_4 等也可提高原生质体的稳定性和活力。

原生质体培养的培养剂除维持高渗外，原则上与组织培养和细胞培养的培养剂没有大的差别。在培养方法上也不外乎固体培养法、液体培养法或固液结合法，以及由这些方法延伸的饲养层培养法。凝胶剂除常用的琼脂外，琼脂糖也有良好的效果，在原生质体培养上的应用越来越广泛。高国楠等的 Km8p 培养基保证了单个原生质体在微室条件下能够分裂；Spangenberg 等在油滴内进行的单个原生质体培养也颇具特色。

Cocking 的工作使原生质体研究走上新的发展时期。原生质体研究已成为生物工程及细胞生物学等学科中发展很快的一部分内容。在植物生物学、发育生物学及体细胞遗传等研究领域中，原生质体可作为理想的生物实验系统。

夏镇澳用图表概括了植物原生质体在理论和应用研究上的作用（图 23）。

中国科学院遗传所、上海植物生理研究所和植物研究所的李向辉、夏镇澳和钱迎倩等一批科学家，在70 年代初期开始了植物原生质体的研究。在这领域内不仅取得了一批具有国际先进水平的成果，在国内外发表了大量文献。孙勇如等以我国科学家取得的成就为主撰写了《植物原生质体培养》专著；中科院上述三所研究所的科学家的成果“主要农作物原生质体植株再生”获得中国科学院自然科学奖一等奖、国家自然科学奖三等奖。

原生质体主要特性之一是由于其具全能性，在离体条件下经过培养，能再生细胞壁，具繁殖、分化、再生成完整植株的能力。原生质体应用的前提之一是经过培养能获得再生植株。在能大量制备原生质体10 年后的70 年代初，烟草这一模式植物的原生质体再生植株得到突破。而更为人们重视的禾谷类及豆科植物类的原生质体植株再生，多年来始终是科研工作者想攻克的难题。70 年代中期后不久，我国科学家在一些主要禾谷类原生质体再生方面在国际上首次获得突破：其中有水稻再生愈伤组织；再生植株的有玉米、高粱、小米、小偃麦、大麦；大豆原生质体植株再生这一难关由卫志明等人在1988 年首次突破。多种主要农作物原生质体再生的突破，在国际上继花粉培养和单倍体育种后，又一次引起生物工程领域科学界的轰动。

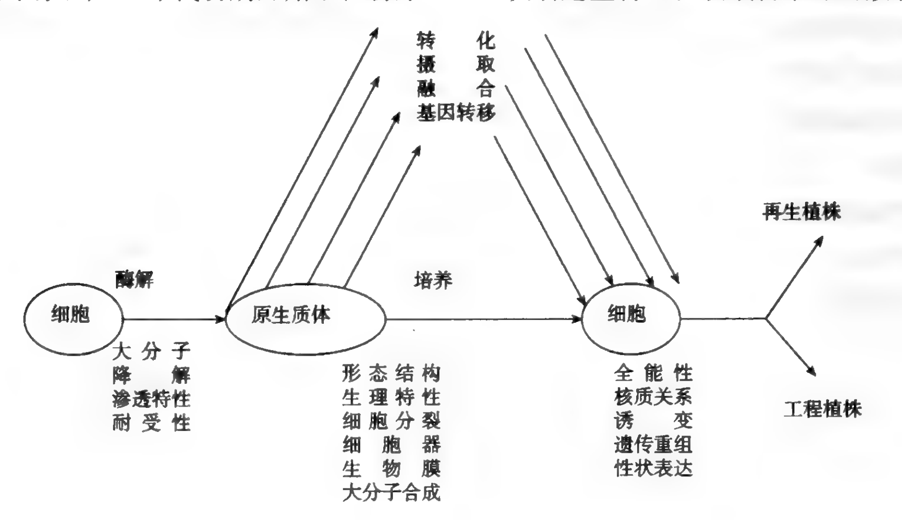


图 23　植物原生质体的生物学意义

在藤本植物猕猴桃原生质体再生植株方面，我国科学家也不断有所突破，如中华猕猴桃（*Actinidia chinensis* var. *chinensis*）、美味猕猴桃（*A. deliciosa*）、毛花猕猴桃（*A. eriantha*）、软枣猕猴桃（*A. arguta*）等原生质体再生植株。

根部细胞原生质体再生是一个难题，但在80年代初期，许智宏用一系列豆科植物，如大豆、苜蓿、绿豆等的幼根制备原生质体，并获得再生愈伤组织或植株。

中草药是我国医药宝库中重要的组成部分。在一些重要的药用植物原生质体再生植株方面，我国科学家做了很多突出的贡献，如枸杞、地黄、当归、川芎、前胡、防风、曼陀罗、莨菪、毛花洋地黄、龙胆、石龙芮和石防风等，通过原生质体培养在国际上首次获得再生愈伤组织或再生植株。

此外，玉米原生质体通过超低温保存后也成功地得到再生植株；美味猕猴桃原生质体的再生植株产生大量的无性系变异后代，为猕猴桃的育种提供了可供选择的种质资源。

参考文献

孙勇如等：《植物原生质体培养》，北京：科学出版社，1991。

（钱迎倩）

植物染色体工程（Plant Chromosome Engineering）

染色体工程是按设计有计划地削减、添加和代换同种或异种染色体的方法和技术，也称为染色体操作。它是在染色体水平上进行的细胞工程。它不仅在改良植物的遗传基础、培育新品种上受到重视，而且也是基因定位和染色体转移等基础研究的有效手段。

植物染色体工程的基本程序是：（1）杂交；（2）靠杂种减数分裂时染色体联会的规律性变化产生具有不同染色体组成（数目和结构）的配子；（3）在杂种或杂种后代中通过细胞学鉴定，筛选所需要的材料。小麦是六倍体，具有很好的“缓冲”性，能承受染色体数目和结构的变化，形成各种非整倍体，它们是染色体工程的基础材料。

20世纪80年代，我国开始组织染色体工程研究，不仅在生产上取得重要成果，而且在染色体工程基础材料的建立和开发上都取得显著成绩。

小麦和亲缘植物双二倍体的建立 通过远缘杂交，把小麦亲缘植物如黑麦（*Secale cereal*）、簇毛麦（*Haynaldia villosa*）、山羊草（*Aegilops umbellulata*）、偃麦草（*Agropyron intermedium* & *A. elongatum*）等的全部染色体导入小麦，杂种的染色体加倍后变成双二倍体。这种双二倍体带有小麦和亲缘植物的全部染色体，是将外源植物基因导入小麦的有用材料。我国现在已有二粒系小麦、普通小麦与3属10种亲缘植物的双二倍体、普通小麦与中间偃麦草以及普通小麦与长穗偃麦草的部分双二倍体，共20余种。

单体与缺体系统 从小麦细胞中消除一条染色体，获得的是$2n=41$小麦的单体；消除两条染色体的称为缺体（$2n=40$）。小麦的单体系统和缺体系统不仅是研究基因定位的重要材料，而且是创制异代换系的亲本材料。我国已建立京红一号单体系、中7902单体系、丰抗13号单体系、阿勃单体系、甘8号单体系、扬麦一号单体系和北京10号单体系等。李振声等将长穗偃麦草染色体4E上的蓝粒基因转移给小麦4D染色体，在创制4D蓝粒单体基础上，把这个蓝粒基因易位到小麦2D、3A、3D、4A、5A和6A上，育出了7种蓝粒单体小麦。这种带有蓝粒基因的材料，靠

种子颜色就可区分出单体和缺体。现已由这些蓝粒单体小麦通过自交选出4D、5A、6A、3D、2D 等自花结实的缺体小麦。此外，薛秀庄自1985 年起，从阿勃单体系统中转育成了除2B、4B 和7D 等三个染色体外，其他的18种自交结实的缺体系统。

异附加系 细胞中添加异种染色体的系统称为异附加系。它可以由小麦与亲缘植物的双二倍体或部分双二倍体杂交的后代中获得。异附加系不仅是创制异代换系和易位系的基础，而且可以用来探查附加的异源染色体上带有何种有用基因。我国已建立的小麦异附加系有：从带有冰草染色体组E 的小冰麦部分双二倍体得到7 种附加一对冰草染色体的小冰麦二体异附加系(TA1－11、TA1－12……TA1－17)；由带有冰草染色体组F 的八倍体小冰麦得到7 种附加一对冰草染色体的二体异附加系（TA1－21、TA1－22……TA1－27)。普通小麦—簇毛麦异附加系是由小麦×簇毛麦的杂种与小麦回交的后代选育成的。这种异附加系已有5 种：V2、V3、V4、V6 和V7。普通小麦—黑麦异附加系现已有附加1R、4R 和5R 三个异附加系。

异代换系 小麦的一对染色体被一对异源染色体所代换的材料称为异代换系。普通相互代换的染色体是属于相同祖群时才能使基因型得到良好的补偿。我国已建立的小麦—黑麦的(4D/4R)代换系有：81582、81588、蓝粒小麦和1B/1R、1D/1R、6D/6R 等；小麦—冰麦草的两个代换系76216 和 77343 以及刘大均等创制的小麦—簇毛麦的5 个异代换系V2、V3、V5、V6 和V7，它们均具有有用的农艺性状，可作为育种的原始材料。

易位系 易位系研究是植物遗传育种学家所关注的问题。因为易位系可用于研究染色体的结构和功能，探讨异源染色体片段(基因)导入小麦后的表达和调控等遗传学理论问题。并且，优良的易位系可以直接用于育种实践和农业生产。通过代换或附加异源染色体，虽然可以把有利基因引入小麦等栽培植物，但引入的染色体还常带有不利基因。建立异源易位系可将异源染色体上的有利基因转入栽培植物中，而减少或避免不利基因的作用。关于诱导染色体易位的原理和方法，主要可分为两类：(1) 调节 *ph* 基因，诱导部分同源染色体交换，形成易位系；(2) 包括辐射诱导、利用杀配子基因和组织培养等方法诱导染色体断裂和重融，从而形成易位系。胡含等的研究表明：花粉无性系变异是减数分裂和有丝分裂发生异常的结果，这两种异常的细胞分裂都可以产生染色体断裂和重新融合，而这也正是获得异源易位系的机制和理论根据。研究结果亦已证明含有 *ph* 基因的小麦花药培养时也能直接产生异源非罗伯逊（non-Robertsonian）易位系，这种易位配子不可能是减数分裂重组的产物，必然是雄性配子体（花粉）在培养过程中经过有丝分裂产生的。这表明花药培养是实现异源染色体非罗伯逊易位系的一条有效途径。另外，选用八倍体小黑麦等与普通小麦杂交，通过花粉培养获得的花粉单倍体植株，八种不同染色体组成的配子重组体都能保存下来，其中包括异代换系、异附加系。这是常规杂交法难以获得的材料。

工程程序创新 我国学者在这方面的成就有：(1) 董玉琛等利用小麦远缘杂交染色体自然加倍的特殊小麦种质，创造了一种简便的获得双二倍体的方法；(2) 胡含等在染色体工程的程序中引入花药培养技术，建立了花粉小麦染色体工程新体系，不经过受精过程即可直接获得缺体、单体以及各种异附加系、异代换系、异易位系等；(3) 李振声等在发现小麦蓝粒性状的基础上，开发了一种缺体回交法，不用异附加系也可创制异代

换系，从而简化了染色体工程程序。

实践意义 李振声等用染色体工程获得的小偃6号是具有两个偃麦草染色体的小麦易位系，能抗各种锈病、耐干热风、丰产，已在生产上大面积推广应用。另外，鲍文奎与严育瑞用八倍体小黑麦为原始材料选育成的劲松5号和小黑麦1421－28在贵州山区气候条件多变的情况下，较对照品种阿勃高产且质优，表明染色体工程在培育新品种上有重要意义。

展望 近年来，转基因植物研究有了很大进展，同时也产生了一个问题，即是否还需要应用染色体工程技术进行基因转移。对此问题，许多遗传学家认为：第一，小麦的近缘种、属代表着一个宝贵的遗传资源库，对小麦品种改良有巨大的现实和潜在应用价值，有大力挖掘研究和利用的必要性和迫切性；第二，小麦是一个多倍体物种，若转移一个基因群，有时会比转移单个基因更为有效，而染色体工程是达到多基因转移的有效手段；第三，创造异源附加系、代换系和易位系是鉴定和利用异源基因的必要条件。最近Song等人应用图位克隆技术将水稻抗白叶枯病基因（*Xa*21）分离、克隆并进行了转化。一些分子遗传学家认为，这种来自植物本身的基因，在植物基因工程中占有重要地位，而且不存在安全问题。同时，Tanksley等人已注意到丰产、优质、抗逆等多基因控制的数量性状在基因工程中的应用，认为应开发植物的野生资源，并提出数量性状回交法，以达到转移重要数量性状的基因，创制新种质，选育新品种的目的，这是基因工程近期发展的新趋势。花粉小麦染色体工程产生的异源易位系、附加系、代换系等含有异源有用基因，可供数量性状回交法应用和研究。同时花粉单倍体的显性、隐性等位基因是共显性的，与回交法相似，都可达到种质纯合的目的。

参考文献

胡含，张相岐，张文俊，景建康，王二明，王献平：花粉小麦染色体工程，《科学通报》，44（1）：1～11，1999。

Hu，H.：Chromosome engineering in the Triticeae using pollen-derived plants (CETPP)，In：Jain，S. M.，Sopory，S. K. & Veilleux，R. E. (eds.)：*In vitro Haploid Production in Higher Plants*，Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherland，1996。

Li，Z. S. & Hao，S.：Chromosome Engineering of Wheat in China，*Critical Reviews in Plant Sciences*，10（5）：471～485，1992。

（胡　含）

植物的快速繁殖（Plant Micropropagation）

植物的快速繁殖是采用生物工程技术中的植物组织和细胞培养技术，在一定时间内，从一个茎尖或外植体（如根、茎、叶、花器官以及它们形成的体细胞胚等），繁殖出比常规繁殖多几百倍、甚至千万倍，与母体遗传性状相同而健康的小植株，其标准可达到大田生产种苗的要求。因此，快速繁殖是当前生物工程中应用最广泛、又最有效的技术和方法。在园艺、农林、药用植物生产方面得到最广泛的应用。

植物的快速繁殖不仅可用于常规无性繁殖的植物种类，而且还可用于常规方法难以无性繁殖的植物，例如，杂合型、有性杂交不亲和与不育基因型植物的繁殖。植物快速繁殖技术已应用于：转基因植物的快速繁殖，繁殖大批遗传性状一致的亲本供大规模杂交制种，大量繁殖果树种苗及优良砧木，抢救与繁殖珍稀、濒危植物等方面。

目前我国的植物快速繁殖技术已逐渐趋

向完善。全国各地以快速繁殖为主的工厂化生产的苗木公司约有五六十家。大部分公司的苗木以内销为主,也有不少公司专做外销。以生物技术形成的快速繁殖产业正在蓬勃发展,而形成大规模工厂化生产是近20 年来的事。20 多年来我国植物的快速繁殖的发展大约经历了四个阶段。

1. 快速繁殖技术研究和技术准备时期(新中国成立之前到1970 年)。早在30 年代李继侗等就曾做过银杏离体胚的培养。新中国成立后,罗士韦在30 年代与罗宗洛一起开创了植物离体根培养的研究,随后在幼胚培养及石刁柏与菟丝子茎尖培养方面进行了开创性探索,其中菟丝子茎尖培养成花现象已成为植物组织培养发展史中的经典之作。我国植物组织培养的研究在很长一段时间内仅限于胡萝卜、番茄根尖的培养,及人参、曼陀罗愈伤组织培养等基础性研究工作。70 年代初才重新在上海植物生理研究所内得到部分的恢复。1973 年建立了建兰和秋兰的无性繁殖系,并有少部分在试管内开花。同时对胡萝卜、烟草、人参外植体的脱分化与分化,尤其是在对外植体取材和培养基的配方方面展开了研究。

2. 植物快速繁殖的起始期,或称“试管苗”时期(1970～1980)。70 年代,随着花药培养和单倍体育种的兴起,参与这项工作的约有五千多人的研究队伍和一千个研究工作单位。在五年之内召开了六次全国性有关组织培养的会议。1974 年与1977 年在广东召开了两次全国性花药培养会议。1974 年、1975 年与1977 年分别在北京、上海、兰州召开植物细胞培养和体细胞杂交会议。1978 年在北京又召开了中澳组织培养会议,并邀请加拿大、德、英、法、芬兰、朝鲜、日本和罗马尼亚等国的专家参加。此时,我国的植物组织培养研究得到了蓬勃发展,100 余种植物花药培养获得单倍体,其中有些作物已培育成新品种,如烟草、水稻和小麦等。同时对培养基进行了改进,如朱至清等人的N6 培养基已被国内外组织培养研究者们广泛应用,中科院遗传研究所的马铃薯简化培养基简便实用。组织培养技术已进入国际先进行列。这一阶段可以认为是植物组织培养技术在我国发展的鼎盛时期。

当时,我国组织培养无性系的快速繁殖被称为“试管苗”。做得较早并成功的是1974 年,北京中科院植物研究所的陶国清等人与内蒙古、黑龙江、甘肃等省、自治区近60 个单位协作,通过茎尖培养、快速育苗、病毒检测,获得无病毒的马铃薯苗,再以茎段进行快速繁殖。

1978 年,罗士韦担任广西壮族自治区的科学顾问,不顾高龄亲自到广西指导组织培养技术,并举办农业生物学学习班,邀请国内知名教授如北大李正理、北农李竟全和华南师大潘瑞炽等前往授课,并由上海植物生理所的同仁指导实验。在广西多种经济植物,如甘蔗、桉树、罗汉果、金花茶等进行试管繁殖,在利用组织培养技术保存种质资源(金花茶等)等方面亦获得显著的成效。广西柳城甘蔗研究室的曾吉恕报道,用6 个甘蔗品种的幼叶诱导形成胚状体,再筛选出优良的无性系,种植试管苗达30 000 m^2。1980 年由农业部和广西壮族自治区共同投资建成我国第一个柳城甘蔗试管苗工厂。时隔不久,桂林中科院广西植物所建立起第二个有规模的以花卉为主的试管苗工厂。这一时期进行树木快速繁殖种苗的有:重庆柑橘所王大元等培育的柑橘、甘肃农大曹孜义等培育的葡萄、北京植物所陈维伦等培育的毛白杨和山新杨等;花卉方面有:上海植物生理所王熊等培育的建兰、李文安等培育的耐阴植物及上海园林所和复旦大学培育的香石竹等等。

这一时期在果树、花卉等方面均育成“试管苗”，初步进入大田生产应用，虽未形成很好的经济效益，但是社会效益的功绩是不可磨灭的。

3. 植物快速繁殖开始“工厂化生产”时期(1980～1990)。中国科学院开始从上而下地进行有计划、有规模的组织，并将此研究纳入国家重大项目，即“六五”、“七五”攻关项目，进行全国性有计划的协作研究，为这十年全国的快速繁殖形成工厂化生产起到了承上启下的作用。中科院组织有关研究人员赴澳大利亚考察植物的快速繁殖工作。在所考察的15个苗圃中，每个苗圃均用快速繁殖进行工厂化生产种苗。在此启发带动下，中科院广州华南植物所曾碧露从澳大利亚引进“威廉斯”等香蕉品种试管苗，建立新会果苗工厂。一个香蕉的不定芽一年内可增殖的芽数为 16 777 216，若全厂厂房面积为 5 000 m^2，年产约300万株种苗。试管苗种植后生长迅速且同步，发病率低而产量高，果品质优，大小适中，产量比常规吸芽繁殖的种苗增加30%～50%，销售价格亦比吸芽繁殖的果品高10%～15%。试管苗推广到广东、福建、云南、海南、四川等省种植，产品亦销售到香港、日本。此后在广东、福建、四川等省均建立了试管苗工厂。这在当时起到了推广示范的重要作用。广西柳城的甘蔗研究中心快速繁殖新品种桂糖11号，使良种推广时间由10年缩短成4年，大大加速了新品种的推广，使蔗糖产量猛增。广东、广西用刚从国外引进的巨尾桉(杂交一代)种子进行快速繁殖，年产达百万苗。其中在广西壮族自治区林科所颜幕勤组织领导下，钦州地区农科所等单位将快速繁殖的试管苗移栽成活，使桉树试管苗能顺利运输上山定植，达到了当年定植三年成材的效果。华北地区的毛白杨良种与兴城果树所和河北农大培育的苹果+砧木的试管苗的生产规模，也均达到百万苗。马铃薯的茎尖培养生产脱毒苗技术，已发展到在试管内诱导形成微型薯(直径3～5 mm，重量5 g左右)，便于保存和运输。

在这十年内对快速繁殖中出现的问题进行了研究和总结，使快速繁殖技术逐渐趋于完善。原来认为试管苗的形成，应先使外植体脱分化形成愈伤组织，再从愈伤组织上分化形成芽，或者外植体经胚状体的分化途径形成大量的试管苗，然而这两种分化途径均被后来的以芽繁芽的途径所取代，这是由于组织培养中加入了植物激素且过高的繁殖系数引起变异给研究者们带来教训。如香蕉试管苗中会发生少数试管苗种植后不易挂果现象，从胚状体获得的甘蔗试管苗种植后因分蘖过盛，需多次分株移栽，方能获得可种植的种苗。1985年柳城甘蔗研究中心进一步研究甘蔗腋芽器官液体培养工厂化育苗新技术，具有分蘖多(比常规多30%～50%)、成茎率高(比原种茎高20%～35%)、有效茎数多、遗传性状较稳定等优点。此后，白化苗、玻璃苗及试管苗移栽成活率低等技术问题，均逐步得到研究和解决。李文安在快速繁殖研究中，曾总结出植物组织培养的十种分化芽器官途径，并提出双子叶植物以芽繁芽(少数也可用花蕾，如菊花、非洲菊等)或短枝扦插；单子叶植物仍以腋芽为快速繁殖的主体，如甘蔗茎节芽、兰花茎尖芽(原球茎)；鳞茎类植物以鳞片基部芽为外植体；木本植物以顶芽和叶芽为繁殖主体；低等植物，如蕨类植物则以孢子或根状茎为繁殖体；外植体上能直接分化出芽者，如海棠等，也可采用叶基部为外植体。

4. 植物快速繁殖进入成熟阶段，又称快速繁殖的工厂化时期(1990年至今)。近十年全国主要大城市均出现了各种种苗公司。由于从国外(如荷兰、以色列、法国)引进各

种自动化温室及大量应用保护地栽培需要特定优质种苗，使采用生物技术进行大规模生产优质种苗成为必然趋势。上海、北京、广州、昆明等地纷纷出现了种苗公司。上海以快速繁殖为主体的种苗公司有十多家，如上海大地园艺公司等。它们生产的非洲菊、香石竹、丝石竹等种苗畅销全国，部分外销。北京的锦绣大地园艺公司、海花生物技术开发公司均以快速繁殖结合脱去病毒与单倍体育种技术，每年都可推出几个新品种。广东的新会、顺德果苗公司及东莞德星无菌培养植物有限公司，经营香蕉、甘蔗、花卉、冬虫夏草、芦荟与观赏叶植物种苗，部分外销。云南昆明的农科院花卉技术开发中心，以经营非洲菊、满天星、兰花为主，另外，云南还有专以兰花为主的园艺公司。

参考文献

罗士韦：我国植物组织培养工作的进展，《自然杂志年鉴》，上海：科学技术出版社，1979。

李文安：植物细胞分化及试管植物，见：余叔文，汤章城主编：《植物生理与分子生物学》，北京：科学出版社，37～52，1992。

李文安：植物组织培养的快速繁殖及工厂化生产，见：许智宏主编：《植物生物技术》，上海：科学技术出版社，244～264，1998。

（李文安　周荣仁）

中国生物学史研究

(Study of History of Biology in China)

在中国，用近现代生物学的知识与思想研究生物学发展历史的工作开始于20世纪。20世纪初开始有学者发表有关古书中关于动植物知识的研究文章。30年代，王云五主编的“百科小丛书”（商务印书馆出版）中，有植物学家胡先骕编的《植物学小史》(1931）和动物学家刘咸编的《动物学小史》(1934)。这两本书都是根据20世纪20年代英国或美国出版的关于植物学史和动物学史的读物翻译编写的，胡先骕的书约6万字，刘咸的书近5万字，内容主要介绍20世纪以前生物学发展的简要历史。30年代，中国科学社还出版过中国科学家撰写的《科学名人传》，其中有不少是20世纪以前的西方生物学家。另外，还有少数西方生物学家传记的小册子。40年代初，生物学家张孟闻撰文谈“中国生物学之始萌”和为中国科学社生物研究所成立20周年纪念而做的“中国生物分类学简述”（《科学》月刊，1943，1期）等文章，既有古代也有现代的内容。

1949年以后至1978年，我国生物学史的研究主要致力于中国古代生物学史。这是因为我国老一辈的科学家中有一些热心于中国古代科学史研究，如竺可桢、叶企孙、刘先洲、梁思成、张子高、王进、袁翰青、李俨、钱宝宗、李涛、钱临照等，于1949年中华人民共和国建立之初，就积极强调这一领域研究的重要性。1954年成立中国自然科学史研究委员会，1957年1月在中国科学院历史所内正式成立中国科学史研究室。在这种情况下，中国古代生物学史生物学教学与研究座谈会的教学人员做了“关于中国生物学史”的演讲。这个演讲列举中国古代典籍中记载的有关生物学知识，对后来研究中国古代生物学史的工作者起了指引的作用。这个报告稿后来发表在由陈桢等著的《关于中国生物学史》一书中（科学普及出版社，1958)。该书还收录了陈桢的其他4篇文章，即关于进化论、关于鸟黍同穴问题、关于“螟蛉有子，蜾蠃负之”、关于化石起源等在中国古书中的记载和认识等。此外，还收录了方宗熙、邹树文等10位作者的关于中国古代生物学史的研究文章。这是研究中国古代生物学史的第一本书。

1978 年以后，科学史的研究工作逐渐活跃起来。不仅是中国古代生物学史，中国近现代生物学史和世界生物学史，尤其是20 世纪生物学史也开始有人研究，而且逐渐趋于活跃，这是因为改革开放的基本国策使人打消了长期怕被批判为“崇洋媚外”的思想顾虑。原来属于中国科学院的自然科学史研究室，从1958 年以后改归独立的社会科学部管理，1976 年研究室改为研究所，1978 以后又重属中国科学院。同年成立了近现代科学史研究室。这时国家整个的工作重点从政治运动转向生产建设，研究所和各高等院校的工作重点也转为研究与教学。1980 年10 月中国科学技术史学会成立，其中，各学科都设有专门委员会，生物学史委员会就在这时建立。80 年代初，《自然科学史研究》和《中国科技史料》两种专门的科学史期刊也先后创立，这些推动了科学史的研究与学术活动。

中国古代生物史学术研究和交流起步较早，因为有研究机构为后盾，遂有一定的积累。在学会成立之前的1979 年，在合肥召开了第一次生物学史研讨会。参加会议的有六七十人，除科学史所的苟萃华、刘昌芝、张秉伦外，还有西北农学院的昆虫学家周尧、微生物学家方心芳、遗传学家方宗熙、汪向明、农学家梁家勉、药学家楼之岑、医学史学家傅维康等。会后，《科技史文集》第4 辑（上海科学技术出版社，1980）专门出了“生物学史”专辑，刊登了这次研讨会上宣读的25 篇论文，内容主要涉及古代典籍中有关动植物志、分类、利用，昆虫，鱼类，植物生理，遗传，内分泌等方面的研究，也有少量涉及农、医方面的文章。这一领域中的专著也陆续出版。周尧的《中国昆虫学史》（古代）（昆虫分类学报社，1980）全书约10 万字，从大量的古籍中和考古发掘的文物资料中，全面总结了我国有益昆虫，如药用昆虫、食用昆虫等的利用历史，蝗虫、粘虫等害虫的防治和研究的历史，同时还从昆虫学的角度对它们进行研究。这本书早在1957 年曾以“初稿”形式由科学出版社出版，1980 年正式出版后，又被译成英、意、德语和世界语，颇得国内外昆虫学界的好评。自然科学史所的苟萃华、汪子春和自然博物馆的许维枢等著的《中国古代生物学史》（科学出版社，1989）是对古代典籍资料中有关生物学知识进行了较长时间的研究整理而编写出的第一本较全面的著作。1999 年，动物学家郭郛与李约瑟、成庆泰合著《中国古代动物学史》（科学出版社，1999），全书90 余万字，是收集古代有关动物知识最为丰富的著作。此外，还有一些有关中国古代生物学史的著作。

中国近现代生物学史的研究起步较晚。李佩珊、孟庆哲、黄青禾、黄舜娥合编的《百家争鸣——发展科学的必由之路》（商务印书馆，1985）是一本关于1956 年8 月青岛遗传学座谈会（见“青岛遗传学座谈会的召开”）的书。书中把遗传学座谈会会务小组编的《遗传学座谈会发言记录》（科学出版社，1957，内部发行）全文公开发表，外加上过去未发表的当时任中宣部科学处处长于光远在会上的两次发言稿。书前部是由李佩珊等4 人写的关于这次座谈会的历史背景和基本经验的文章，“座谈会发言记录”之后加了1956 年会后报刊上发表的有关这次会议的报道和遗传学家们个人感想的文章，以及1956 年黄青禾根据前苏联报刊上的文章加以研究整理，以“1935～1956 年苏联生物学界的三次争论”为题的附录。这是一本既具学术性、历史性，又具政策性的书，引起国内外学术界的重视。与这本书成为“姊妹篇”的《遗传学与百家争鸣》（北京大学出版社，1996），是对1956 年青岛遗传学座谈会的追踪研究。由北京大学任元彪、曾健、周永

平、蒋世和编的这本书包括：37位遗传学家和有关科学工作者围绕青岛遗传学座谈会前后情况的访谈录，青岛遗传学座谈会和“双百方针”提出30周年纪念会上，包括于光远、鲍文奎等12位学者的发言稿，及几篇综述文章和历史文献。这两本书合起来是对“百家争鸣”的昨天与今天、遗传学在我国发展的曲折历史与现状的一个较清晰的概述。

现代生物学史研究的另一重点是一些分支学科也写出了有水平的发展史。生化学家郑集的《中国早期生物化学发展史（1911～1949）》（南京大学出版社，1989），包括了这一时期他亲身经历和了解的历史情况。王志均、陈孟勤主编的《中国生理学史》（北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社，1993）和《中国近代生理学六十年，1926～1986》（湖南教育出版社，1986）是在当代许多一流的生理学家共同回忆和关心下编写成的资料详实、线索清晰的当代科学历史文献。书中特别介绍了北京协和医学院的生理学家们在中国生理学教学与研究工作中所起的重要作用。由汪振儒任主编、中国植物学会编的《中国植物学史》（科学出版社，1994）是一部集古（占全书不到1/3）今（占2/3强）中国植物学发展史书籍。全书共55万余字，详细介绍了中国古代植物学知识发展的资料，更多地介绍了西方植物学如何引进及其在我国发展的历史线索，博得生物学界和科学史学界的好评。王思明、周尧著的《中国近代昆虫学史（1840～1949）》（陕西科学技术出版社，1995）是王思明做周的研究生时，在周过去积累的资料基础上，进一步收集了大量资料，加以研究编写，并经周尧补充修改后完成的。以上情况可能有遗漏，但足以说明，中国近现代生物学史研究已经引起生物学界的重视。

世界生物学史的研究与中国近现代生物学史一样，起步也较晚，从70年代末开始有少数学者在报刊上发表一些这方面的文章。在中国科学院自然科学史研究所近现代科学史研究室编写的《20世纪科学技术简史》（科学出版社，1985）一书中，对20世纪发展迅速又影响显著的遗传学（姚德昌）、生物化学（李佩珊、潘承湘）、分子生物学和细胞生物学（李佩珊、潘承湘）、神经生物学（郑竺英、王敏惠）的发展史有较详实的撰述，同时对19世纪生物学的发展（王敏惠）也做了简要的介绍。这本书的医学、农学和环境科学各章中也含有一定量的生物学史的内容。由李佩珊、许良英主编的该书第二版（科学出版社，1999），由原作者作了较多的修改和补充，并增加了“李森科事件和20世纪科学的厄运”一章。这本书得到国内学术界的好评。由李难主编的《生物学史》（海洋出版社，1990）是一本包括古、今、中、外生物学的发展，以现代世界生物学史为主的著作，较详细地介绍了这门学科发展的全貌。

在生物学史的工具书中，《中国大百科全书·生物卷》（中国大百科全书出版社，1991）囊括了相当量的生物学史的内容，不但许多生物学分支学科都有各自的发展史，还有3个关于生物学史的大条目：1. 由潘承湘、李佩珊、陈昌笃、全如咸撰写的“生物学史”；2. 由苟萃华、汪子春、葛明德、彭奕欣撰写的“生物学史（中国）”；3. 由李佩珊、潘承湘、苟萃华、汪子春撰写的“生物学大事年表”，包括了古、今、中、外各个方面。汪子春主编的《自然科学发展大事记·生物卷》（辽宁教育出版社，1994）中，各条目内容较为详细，可供研究者参考。此外，还出版了许多生物学家传记的工具书。除工具书外，还出版了少数科学家传记的书。如，旭文、王振淮、晓戈著的《蔡希陶传略》（国际文化出版公司，一版，1993，二版，1996），

全书25万字，赵功民著的《谈家桢与遗传学》(广西科学技术出版社，1996)，全书30多万字。两本书分别详细介绍了我国植物学家蔡希陶和遗传学家谈家桢的生平和科学工作。目前生物学界像这样的科学家传记书还不多见。

此外，我国生物学界为纪念达尔文(1809～1882)逝世100周年，于1982年4月专门召开了学术讨论会，会后出版了《进化论选集》(科学出版社，1983)。内容包括科学院院士陈世骧等多位院士和知名生物学家的研究论文和一些科学史工作者的研究文章。1989年5月，为了纪念我国清代科学家吴其濬(1789～1847)诞辰200周年，由河南省科学技术协会、中国科学史学会、河南省科技史学会和固始县人民政府联合召开了学术讨论会，宣读论文近70篇。后由河南省科学技术协会编成《吴其濬研究》(中州古籍出版社，1991)。该书对其生平、学术思想和其具有世界影响的著作《植物名实图考》进行了多方面的研究。图考收载的植物达1 714种，为有关植物古籍之冠，而且制图精确，是中外学者的重要参考书。

(李佩珊)

西沙群岛综合海洋科学考察 (Marine Comprehensive Scientific Expedition to the Xisha Islands)

西沙群岛是南海中靠西北面的一群珊瑚岛礁，由23个岛、7个沙洲、5个暗礁、6个暗滩组成。东群为宣德群岛，或称“东七岛”，即赵述、北岛、中岛、南岛、石岛、永兴和东岛等；西群为永乐群岛，或称“西八岛”，即甘泉、珊瑚、金银、琛航、晋卿、广金、盘石和中建等。

1909年5月，广东水师提督李准率领水师官兵、官商、测绘学生、化验师、工程师、医生等170余人，分乘“伏波”、“深航”和“广金”三艘军舰到西沙巡视勘察，对西沙群岛15个岛屿进行调查、测绘、命名，并勒石竖旗。

1928年5月，广东省政府组织建设厅、实业厅、民政厅、第八路军总指挥部、广东省陆军测量局、中山大学、两广地质调查所等单位专家共15人，由中山大学沈鹏飞率领，乘“海瑞”舰于22日由广州出发，28日抵达西沙群岛的永兴岛。调查团主要调查了永兴岛、石岛、广金岛和琛航岛。调查内容包括地理位置、交通、地形、地质、土壤、气候、海流、物产（动植物、矿产）和水产等，由沈鹏飞编写了“调查西沙群岛报告书”，同时，还印制了“西沙群岛图”。两广地质调查所朱庭祜用体积法算出永兴岛鸟粪的原始总储量为22万～35万吨，剩余储量为17.5万吨，并在该所年报（1928）和《中国地质学会志》(1929年第2期）上发表了“西沙群岛鸟粪”和“广东西沙岛鸟粪之积储”等论文。中山大学化学系分析了鸟粪沉积的成分。省民政厅方新发表了“西沙群岛调查记”，提出了移民西沙群岛和开发西沙群岛的意见。

中央大学地质学系马廷英于1937年在《中国地质学会志》(17卷第1期）上发表了“建造珊瑚礁所需要的时间”论文。作者根据西沙群岛水下珊瑚礁所覆盖的未被磨损的“永乐通宝”古铜钱的时代（500多年）和古铜钱上覆有1.5 m厚的珊瑚礁层，推断西沙群岛珊瑚礁的成长率是每百年约长0.3 m，即每年约长3 mm。

1947年4月，中国政府对西沙群岛进行了第二次大规模的学术性调查，调查人员有中央实验所、经济部地质调查所、资源委员会矿测所、中央研究院植物研究所、地磁台等单位的专家8人，中山大学生物学系和地理学系教授4人。调查人员乘海军“中基”号

登陆舰于4月3日从上海出发，22日到达西沙永兴岛，在永兴岛、石岛和东岛共调查了10天。专家王本荄和高存礼在《地质论评》(1947年12卷）发表了“西沙群岛磷矿”一文，据其估算：整个西沙群岛的鸟粪约有97万吨。

1955年，广东省水产厅组建西南沙水产资源调查队，对西沙、南沙和中沙群岛海区的渔场进行调查。派出生产渔轮边生产，边试捕调查，并总结海南岛渔民长期的生产经验。在“西沙群岛水产资源调查报告”中，记述了西沙群岛的地理位置、海流、气候、特有的名贵水产资源，如海龟、海参、麒麟菜、马蹄螺、砗磲等的分布情况、采集季节及方法，提出开发南海诸岛渔业资源的建议。

1956～1959年，中国科学院动物研究所、中国科学院海洋研究所、上海水产学院曾联合进行多次调查。中国科学院海洋研究所在1956～1958年连续三年对西沙群岛采集了大量标本，1975～1976年和1980年继续对西沙群岛海洋生物进行调查和研究，在《海洋科学集刊》出了6本专辑，除专辑外在其他刊物上发表了76篇论文，报道动物1 200种（638个新记录，11个新属，118个新种)、植物440种（1个新科，2个新属，40个新种)，提出西沙礁栖鱼类4个生态类型，阐明西沙群岛珊瑚礁的结构属印度西太平洋一种过渡类型，金银岛和东岛东北面礁缘是由孔石藻和集沙群海葵大量覆盖构成的。该项成果于1987年获国家自然科学奖三等奖。此外，1965年北京自然博物馆也对西沙群岛做过调查。1973年，海南行政区水产局、南海水产公司、海南水产研究所等单位组成联合调查组进行了大量的工作。

1968年海南地质队在东岛、永兴岛打了五口井，深度为111.8 m，目的是寻找地下水资源。1973年由石油工业部主持钻井，钻深达1 384.68 m，礁体厚1 251 m，目的是探油。1983年海洋地质所在西琛、西永和西石钻井，目的是探油。

1973年起，中国科学院南海海洋研究所对西沙群岛、中沙群岛及其邻近海域进行了多次综合调查。1978年，以“实验”号调查船为主，共进行了11个航次的综合考察，航程共3万多海里。调查项目包括海洋地质、海洋地球物理（重力、磁力测量)、海底地形地貌、海底沉积、水文、气象、化学、生物以及岛礁地貌等。共发表研究报告和论文80多篇，并选出22篇汇成《南海海区综合调查研究报告（一)》。1983年该项研究成果获中国科学院科技成果奖一等奖。

（陈清潮）

部分生理学家同分类学家、形态学家的论战（An Argument between Some Physiologists and Taxonomists, Morphologists）

1932年下半年起至1936年，中国部分生理学家同分类学家、形态学家断断续续地进行了近5年的争论。国内有的学者称之为“实验派”与“调查派”的论战。

生理学家、心理学家汪敬熙于1932年8月7日，在胡适主编的《独立评论》第12号，发表“中国今日之生物学界”，认为世界生物学发展趋势是重视加强实验生物学，而中国太偏重于分类学和形态学。这是中国学术落后的表现，是一种不健康的眼光短浅的策略。这种策略定于几个人研究兴趣的偏向。汪不点名地批评了中国分类学与形态学的开拓者、奠基人。同年8月28日，植物分类学家胡先骕、汪振儒在《独立评论》第15号上，分别发表“与汪敬熙先生论中国今日之生物学界”和“读了‘中国今日之生物学界’以后”，对汪敬熙的论点提出异议。以后，生理

学家张锡钧等，形态学家秉志、张景钺与分类学家杨惟义、张孟闻等，分别加入两边参与论战。

部分生理学家的论点：(1) 科学的发展一般是先描述，后实验。实验生物学呈上升趋势，分类学则趋于衰颓。理论上和应用上的许多问题的解决，都依赖于实验生物学的研究。世界生物学上的重大进步与突破，都是实验生物学发展的结果。(2) 国内人力、经费偏重于分类学、形态学，应该分出一部分支持实验生物学。中国已有实验生物学萌芽，如有意提倡，进步就会快得多。

部分分类学家、形态学家的论点：(1) 科学发展应循序渐进，西洋各国曾经经历了逐渐发展秩序，中国亦不能例外。分类学与形态学是生物学的基础。国外生理学研究有增进现象，但分类学、形态学的工作未见衰退，而且已开始应用实验方法于分类学与形态学研究。(2) 就国情而言，生物调查与分类研究，是中国生物学发展与生物资源利用的基础。外国人对中国生物资源持有异心，中国的生物资源应由中国人自己研究，现在的工作不是太多，而是以十倍于今日之人力财力尚不足以应付。中国科学落后，几可云无一种科学不重要，不可轻为论列孰为首要，孰为次要，孰宜奖励，孰宜节制。

一些非生物学界人士旁观论战，也发表了意见。翁文灏为受汪敬熙攻击的秉志说了公道话："像秉先生一类工作特别发达，足可证明他的工作及人格感化力之伟大。如果他方面或别的学科也有人像他一样，一方面努力工作，一方面提携后进，当然也能够一样的发达了。"他指出因政局不稳，国家对科学发展没有统筹能力，个人因素决定科学方向，这种偏重是无可奈何的，不是任何人的过失。

这场论战，没有吸引更多的生物学家参加，论战无结论，未导致生物学界的思想混乱。

（薛攀皋）

生物自然发生说的公开辩论（An Argument on Abiogenesis of Organisms）

1933 年 6 月，在广州举行了一场有关生物自然发生说的公开辩论。论战的一方是中山大学董爽秋等 7 名教授，另一方是光华医学院教授罗广庭。

罗广庭自称于 1930 年在巴黎大学学成归国后，经 3 年研究，证明生物可以不依赖"种子"也能自然发生。他宣称：巴斯德学说被推翻了，达尔文的进化论失去了根据。罗广庭铅印了"生物自然发生之发明"广为散发；1933 年 3 月和 4 月，还先后在广州《民国日报》和上海《东方杂志》（第 30 卷第 8 号）发表"用真凭实据来答复进化论者"，并在广州展览会展出"发明"。罗广庭的"发明"使许多中学生认为既然生物会自然发生，就没有必要学习进化论等现代生物学知识。

有识之士给《东方杂志》指出罗文的错误，但该刊不予刊登，却选发了一篇支持罗学说的、河南大学生物学系教授陆选之文章"用最新结果研讨进化论"。对这种不正常的现象，巴金在《中学生》杂志发表长文"关于生物自然发生之发明"，呼吁救救青年，同时无奈地哀叹"有谁来回答这个要求呢"。在广州，大学生姜哲夫对罗学说提出质疑，换来的却是谩骂。于是，中山大学生物学系董爽秋、张作人、朱洗、费鸿年，地质学系张席禔，医学院林椿年、池正等7 教授，联名上书中大校长，转请有关部门出面主持公开辩论和公开重复实验。

1933 年6 月27 日，教育改革委员会委托土壤学家邓植仪在中山大学礼堂主持辩论会，听众达千人。在罗广庭介绍其"发明"后，中大教授就学术论点、实验方法与结果一一

质疑，罗广庭均无以回答。大会决定由会议主席、中大教授与罗广庭三方各推荐3 名专家组成“实验生物自然发生监督委员会”，主持公开重复实验。在等待公开实验期间，广州与香港新闻媒体发表袒罗评论，并攻击中大教授“己无能，而嫉人之能；己无发明，则忌人之发明”，指名诬蔑朱洗是所谓的“褊狭之学术界败类”。

公开重复实验分两批于7 月23～25 日和8 月11 日在广州市卫生局检验所进行。由罗广庭自己选定，按在两个月内让干酪虫（一种节肢动物）自然发生的目标和方法，亲自操作，经监督委员会加封后交检验所保管。第一批实验于10 月5 日当众启封检查，88 支试管内均未见干酪虫。当日，罗广庭私自取走第二批实验的全部试管拒不交回。监督委员会向教育改革委员会报告罗的自然发生说在学理上与实验上均无根据，不存在价值。罗广庭推荐参加监督委员会的两名专家均在报告上签名。与其说这是一场学术论战，不如说是对反科学的公开鞭挞与谴责。

（薛攀皋）

东沙群岛综合海洋科学考察（Marine Comprehensive Scientific Expedition to the Dongsha Islands）

东沙群岛位于20°35′～21°10′N，115°52′～116°55′E，是南海诸岛中最北的群岛，岛礁最少，北距汕头港约140 海里，西北距珠江口约170 海里。系由东沙岛、东沙礁与南卫滩、北卫滩两个珊瑚礁滩等组成，主体是一个环礁。它地处大陆架外坡断裂带交汇处，由此沿断裂产生火山，形成发育的基础。这里是避风锚地和重要渔场。现由台湾省派兵驻守。1935 年春，原广东省政府建设厅农林局委派东沙海产管理处主任梁权等数十人，乘“福游”舰往东沙考察。胡应球编写了“奉派调查东沙岛报告书”（《桅灯》，1935 年5 月15 日第34 期），详细记述了东沙岛的位置、面积、礁堤、暗礁、底质、气候、淡水、物产等情况，指出东沙岛是一片平沙，风涛险恶，湖内礁石极多，无良好锚位，无淡水，不长粮，但对气象观测、海产渔捞极为有利。

1936 年，中央大学地质学系马廷英教授研究了在东沙岛采集到的珊瑚标本，在《地质评论》（1936 年1 卷第3 期）发表了“造礁珊瑚与中国沿海珊瑚礁的成长率”，认为“化石与现代造礁珊瑚内部构造上带有类似植物年轮的气候成长现象”，珊瑚“成长率受海水温度的影响极大”。他认为，可测定现代珊瑚与化石珊瑚的成长率，并据成长率推测地质年代的气候。

1946 年10 月29 日，原国防部、内政部、联勤总部和海军派出代表前往接收东沙群岛，并勘察建碑、测图，于同年12 月12 日完成接收工作。

1950 年政府将东沙群岛原有之气象站扩充为气象台，由原来一天播放气象资料2 次改为4 次，并报告2 次高空气象。

1989 年台湾派人到东沙竖立“南海屏障”。

1992 年，台湾派人前往东沙岛增建“汉疆唐土”回廊。

1994 年6 月20～24 日，由台湾派出57 位学者前往东沙群岛进行为期5 天的调查。在东沙群岛记录了55 科311 种鱼类，加上过去文献中记载的270 种，总共62 科396 种，其中3 个新种，10 个未确定种。记录了石珊瑚13 科34 属101 种，八放珊瑚6 科8 属33 种和水螅珊瑚1 科1 属3 种，共记录20 科43 属137 种珊瑚，其中以*Acropora* spp. 和*Porite* spp. 最多。记录软体动物48 科141 种。在7 个站采集底栖小型无脊椎生物，其总平均密度为5 092 个/m^2。虾类密度3 000 ～

10 000 个/m^2，采集了144 种海洋植物，分别属于18 目37 科绿、褐、红藻和海草。珊瑚礁区无脊椎动物已记录212 种之多。岛上维管束植物有110 种，鸟类有13 种，大多数为迁移性鸟类。

（陈清潮）

南沙群岛综合海洋科学考察（Marine Comprehensive Scientific Expedition to the Nansha Islands）

南沙群岛是位于南海最南，范围最广，岛礁最多的岛群。它北起雄南礁（11°55′N，116°47′E），南至曾母暗沙（3°57′44″N，112°16′25″E），东始自海马滩（10°46′N，117°47′E），西至万安滩(7°32′N，109°30′E)。东西宽905 km，南北长887 km，面积706 800 km^2。

1946 年，原广东省政府顾问、水工专家麦蕴瑜（1896～1995）被任命为接收南沙群岛专员，率领一批省府机关的测绘、气象、水产、农业和医学科技人员及海军进驻西沙。南沙群岛舰队指挥官兼管进驻南沙群岛海军上校林遵，以及空军司令部、后勤部和广州行辕的代表、内政部方域司、测绘科等，于10 月29 日离沪，12 月12 日晨在太平岛南侧泻湖抛锚，12～13 日登岛工作，14 日下午巡视太平岛东面的敦谦沙洲，15 日巡视道明群礁的南钥岛，随后巡视中业群礁的中业岛、双子群礁的南子岛和北子岛，循原航路复经中建岛返榆林港。在此次考察中，测绘了太平岛地形图（1∶10 000），测出陆地面积0.43 km^2，消除了岛上日本帝国主义侵略遗迹，树立了我国主权碑，采集了岛上地质、生物等样品。

1947 年，原工商部中央地质调查所李毓英、台湾大学地质学系郭令智等，乘海军“中业”舰于5 月21 日抵达南沙群岛的太平岛进行地形、地貌、沉积、矿产等为期3 天的调查。嗣后，李毓英在《地质论评》(1948 年13 卷）发表了“南沙群岛太平岛地质概述”，详细记述太平岛的地理位置、交通、地形、地质与磷酸矿的成因、成分及矿量等，并用体积法测算全岛磷酸矿储量约为7.4 万吨。郭令智在《台湾地质学报》(1948 年第2 卷）发表了“中国南沙群岛郑和群礁的地貌学”，根据对郑和群礁海底等深线图的研究，发现了海谷和海底平原，认为这些地貌是该地区下沉之前陆上侵蚀所造成，说明上新世以来南沙地区有升降运动。

1984 年开始，经国务院批准，由中国科学院南海海洋研究所跨入12°N 以南的南沙群岛海域进行为期3 年的考察，出版了《曾母暗沙——我国南疆综合调查研究报告》，并于1987 年获中国科学院科技进步奖二等奖。由于国家的重视和支持，从1987 年起，南沙海洋综合科学考察纳入国家“七五”、“八五”，直至“九五”计划。“七五”期间由中国科学院牵头，“八五”和“九五”期间由国家科委牵头，中国科学院组织实施，会同国家计委、教委、海洋局、农业部、石油部、国家测绘局等近40 个单位共400 多位科技工作者参与，联合组成了南沙综合科学考察队，对南沙群岛及其邻近海域的调查进行了15 年、24 个航次的调查，总航程10 余万千米，遍及整个南沙海区，调查了28 座岛礁以及水道、油气资源、生物资源和海洋环境特征，胜利完成“七五”、“八五”的计划，共出版综合研究报告、专著、文集50 部，论文1 000 余篇。主要成果有：对南沙群岛海区的国土资源、油气资源、渔业资源、科学数据库和信息资源提供大量应用基础资料；在环境方面，对海区地貌、礁体特征、礁体地质演化与古环境、晚第四纪沉积与环境、海底地球物理与构造地质研究、海－气相互作用、水团与环流结

构及海流数值模拟、海浪数值模拟、潮汐、海流分析与预报、内波细结构、物理参数的时空变化、水声特性、海洋化学、生源要素通量研究、海区环境质量以及区域自然地理与自然区划等方面做出很多的优秀成果，并对南沙主权和权益的维护提出证据。经专家鉴定，其成果总体上处于国际先进水平，部分研究达到了国际领先水平。这些成果已在生产、军事、科研、教学等方面得到广泛应用，取得显著的经济和社会效益。该成果于1993年获中国科学院自然科学奖一等奖，1997年获中国科学院科技进步奖一等奖，1999年获国家科技进步奖二等奖。

此外，1987年5月15日～6月6日，由国家海洋局指挥，南海分局组织实施，派出“向阳红5”号，航程2 163海里，调查永暑礁、华阳礁、六门礁的地形、地质、水文、气象、化学和生物等，经反复研究，确定在永暑礁建立中国南沙第一个海洋观测站。

1987年10月8日～11月16日，地质矿产部第二海洋地质调查大队“海洋4”号，在南沙群岛海区进行综合地球物理调查，共获取6 137.4 km的综合地球物理资料，在曾母盆地共完成多道反射地震4 579.5 km、重力测量4 579.5 km、磁力测量4 440.6 km，测深4 579.5 km等项测查工作，其面积约19万km^2。经研究认为，曾母盆地东北部属于南沙地块，西南部属于加里曼丹地块，两者是始新世末至早渐新世时缝合起来的，同时测出安南坳陷、康西坳陷、南康台地等均为良好含油气远景区。该项研究至今仍在继续，并取得大量宝贵实测资料，为今后南沙油气资源开发奠定了坚实基础。

台湾省对南沙群岛太平岛周围海域曾进行过多次调查，其中规模最大是在1994年4月15～28日派出30位研究人员对太平岛的珊瑚、浮游生物、底栖生物、鱼类、鲸类以及岛上鸟类植被作了全面调查，同年9月提出了《南海生态环境调查研究报告书》，以后又陆续发表了不少研究成果。

（陈清潮）

李森科主义对中国遗传学的冲击

(The Shook of Genetics by Lysenkoism in China)

在中国，首先信奉李森科主义的是乐天宇。1941年他就在延安发表了“遗传正确应用之商讨”一文，批判西方国家根据遗传学的原理培育农作物新品种的方法，逐步推广“李森科主义”。李森科1948年在原全苏列宁农业科学院会议上的报告“论生物科学状况”，在1949年后就被译成中文，大量发行。当时中国大学生物学系、农学院、医学院等校的教师都必须认真学习。乐天宇在北京农业大学任校务委员会主任，立即停开遗传学课程，另开新遗传学课（即李森科主义），还计划停开田间设计和生物统计课程。教师们一方面心怀疑虑，一方面也表示愿意学习李森科的有关著作。如留美教授李景均（1912～　）为向中国介绍李森科的见解，与他人合作把李森科《遗传及其变异》的英文本译成中文，于1950年在北京出版。因遭乐天宇冷遇，李又辗转美国，给美国遗传学会去信，望能被招聘，美国《遗传学期刊》第41卷第一期为之登载题为“遗传学在中国的死亡”的短文。乐天宇不仅对遗传学处理不当，还取消专业，使学生转专业、转系，同时造成农业大动荡，引起中央高度重视，一再调动乐天宇工作，并对之展开批判。到1952年虽然批判乐天宇，但6月29日《人民日报》发表题为“为坚持生物科学的米丘林方向而斗争”，号召“关于摩尔根主义对旧生物学、旧遗传学的影响，需要继续展开系统的批判”，指导思想还是为坚持“米丘林方向”（即李森

科主义）而斗争。文章的主题分五部分，其中一、二、三、五部分高度评价了李森科的“米丘林生物学”，说“米丘林生物科学是自觉而彻底地将马克思列宁主义应用于生物科学的伟大成就”，“米丘林生物学不是生物学中的一个部门，而是生物科学的根本变革”，“米丘林生物学的伟大，在于它彻头彻尾为提高农业生产、改造自然服务”。文章要求全面系统地贯彻“米丘林生物学”，并以此来“改造生物学的各部门”，“彻底改造旧生物学、细胞学、胚胎学、微生物学等生物科学的各个部门”。文章同时要求“要从批判旧生物学、旧遗传学的工作中来学习米丘林生物科学”，批判“摩尔根之辈的关于染色体理论的伪科学”和“神秘的遗传基因”，“大学生物学系应把各种课程彻底地加以改革，要认真地把纯系理论加以彻底批判，生物统计、生态学等部门的有害部分也要予以批判”，等等。这篇文章引起各方高度重视，当时又正值知识分子思想政治运动高潮，一些知名的遗传学家、农学家都公开做检讨。大学遗传学课程一律停开，遗传学研究全面停顿。大学遗传学教师改教其他课程，如达尔文主义等。这种状况一直延续到1956年青岛遗传学座谈会召开后，遗传学才同李森科主义取得平等的地位。此外，当时发生了几起因听了李森科追随者意见，把我国遗传育种学家多年来积累起来的育种原材料全部毁掉的事件，如四川就发生铲掉遗传育种学家鲍文奎的多倍体育种田的事件。

从1950年起，有相当一批李森科追随者作为前苏联专家来到中国讲学，开讲习班，大力宣传李森科主义，批判摩尔根遗传学。这些追随者有努日金、伊万诺夫等。听众中除学生外，还包括处于被批判地位的遗传学、农学和生物学教师。另外，国家还选拔一批大学生和青年教师到前苏联学习李森科主义。这些都对我国传播李森科主义，批判遗传学起了很大的推动作用。

参考文献

社论：为坚持生物科学的米丘林方向而斗争，《人民日报》，1952.6.29。

李佩珊等：《百家争鸣——发展科学的必由之路》，北京：商务印书馆，1985。

（李佩珊）

热带、亚热带生物资源综合考察

（Comprehensive Survey on Biological Resources of Tropical and Subtropical Areas）

中国的热带地区位于亚洲热带北缘，处于向亚热带过渡的区域；亚热带地区为东亚所特存，即所谓季风亚热带区域，中国占据面积最大，也最具代表性，与西面的地中海冬雨型亚热带区域遥遥相对，中间隔以辽阔的海洋和荒漠地区。热带、亚热带是中国陆地生物种类最丰富的地区，特有种多，古老的残遗种多，如大熊猫、银杏和水杉等。这两个区域的东半部是中国经济的发达地区。

20世纪50年代以前，有关这两个区域生物资源的调查研究，只由某些单位或个人作过一些零星的单学科的工作。50年代开始，由于新中国经济建设的要求，迫切需要了解这些地区生物资源情况，以便作出适当的发展规划，于是自然资源综合考察被列入“国家12年（1956～1967）科学技术发展远景规划”。为此，中国科学院在竺可桢副院长领导下，专门组建了自然资源综合考察委员会来承担此项任务，并组织院内外有关研究单位和高等院校共同工作。在这期间，规模较大的有结合华南橡胶宜林地、西部南水北调、西南和西藏自然资源综合考察的要求开展生物资源综合考察，不仅收集了大量宝贵的第一

手科学资料，填补了边区未开发地区生物资源的空白，而且为区域生物资源开发和经济发展战备决策提供了重要依据。此后还结合海南农垦、中南各省区典型农业区域规划的要求,进行更深入的生物资源综合考察。1978年以后，随着国家经济改革开放的发展，又迎来了自然资源综合考察的新高潮。除了继续对藏东南地区进行重点生物资源综合考察外，80年代为了发挥亚热带地区的资源优势，促进区域综合农业的发展，扩大了对南方山区生物资源的综合考察，对东部9个亚热带省区市和西南四省一市的丘陵山区生物资源利用与区域发展进行了综合调查研究。这期间的生物资源综合考察，一方面着重于详尽地收集本地资料，另一方面更加直接地为区域国土资源整治和经济发展服务；并选择了一些有代表性的地区进行典型实验示范，遍布两个区域的各个省区和直辖市。与此同时,保护区在这两个区域也迅速发展,至今达500处以上，许多重要的保护区都开展了更加深入的区域生物资源综合考察，为保护区的建立和发展规划提供了必要的资料和依据。海洋生物资源的综合考察此时也在蓬勃地开展。90年代以来，这项工作主要结合生物多样性的保护与持续利用、生态监测、全球变化和生态示范区与可持续发展实验示范区的建设等一些过去调查不够的区域和重点发展区域继续进行,并采取现代技术和方法,如遥感遥测和地理信息系统等开展。

从上述几个不同阶段热带、亚热带生物资源综合考察的特点来看，都具有鲜明的目的性、基础性、战略性、综合性和系统性。主要成就表现在提交了大量的考察报告、地方开发方案、实验研究总结、研究专著、论文以及图件在内的大批成果，其中不少获得各级政府和部门的奖励。调查研究过程中，发现了不少新种，摸清了物种受威胁情况，提出了许多不同的保护措施和管理办法，对物种进化和在生物链的相互关系方面也作了不少理论阐述和系统分析总结；更重要的是培养出一批科技和管理专家，帮助不少地区建立了科研教学机构，推动了科研、教育和生产的发展，为未来工作奠定了坚实的基础。

这项工作是一项长期的事业，随着可持续发展战略的实施，今后在生物多样性保护和生物资源的持续利用、保护区的建设和有效管理与生态示范建设等任务的推动下，例如生物多样性关键地区的科学确定、生物多样性编目、生态系统关键种的确定、基因资源的开发、有发展潜力野生物种的确定及其合理布局、次生生态系统的恢复和重建、生物资源的清查等，都需要开展深入一步的生物资源综合研究来完成，其中昆虫、土壤动物、低等植物、微生物将是重点调查的对象。海洋生物仍继续开展调查研究。

参考文献

中国科学院，国家计划委员会自然资源综合考察委员会：自然资源综合考察研究四十年，《自然资源》，1～8，1997.1。

云南省科学技术委员会等：《云南生物资源开发战略研究》，云南：科学技术出版社，1990。

陈伟烈：祖国大地印满了他们的足迹——植物研究所野外工作70年，《中国科学院植物研究所建所70周年纪念文集》，118～126，1998。

宋永昌：关于长绿阔叶林名称和类型划分问题，《植被生态学研究》，北京：科学出版社，1994。

（王献溥）

中国动物图谱编辑委员会成立

(Founding of Editorial Committee of the Animal Atlas of China)

1954年8月17～20日，中国科学院在北京召开中国动物图谱会议，对《中国动物图谱》的性质、目的、要求、编写方法、组织

等问题进行讨论，确定编辑方案，推荐编委会人选。

同年10月16日，中国科学院院务常务会议通过《中国动物图谱编辑委员会组织办法》及委员名单。该办法规定，编辑《中国动物图谱》的目的是介绍中国的主要动物，以适应国家经济建设和文化建设的需要。编辑委员会由王家楫、李汝祺、周太玄、秉志、胡经甫、陈世骧、陈桢、张玺等组成，中国科学院动物研究室主任陈桢和编译局副局长周太玄分任主任和副主任委员。其工作机构设在动物研究室，负责组织图谱编辑的各项具体工作，中国科学院昆虫研究所、水生生物研究所、海洋生物研究所协助。

编辑委员会成立后，确定了脊椎动物、无脊椎动物、昆虫等三个编辑组以及组长、副组长和各门类主编。1958年，《中国动物图谱》的《鱼类》分册首先出版。至1999年，已出版《中国动物图谱》27册。

参考文献

《中国科学院编年史》(1949～1999)，上海：教育科技出版社，1999。

（季楚卿）

胡先骕的《植物分类学简编》出版和随后的批判 (The Publication *A Short Course on Plant Taxonomy* Written by Xian Su Hu and the Criticism of an Afterwards)

1955年3月，高教出版社出版了我国植物学奠基人之一胡先骕著作的《植物分类学简编》。书中在讨论物种与物种形成问题时，批评了李森科的“科学中关于生物种的新见解”(1950年发表，1952年前苏联《植物学杂志》最后一期上刊登了两篇批评李森科关于物种新见解的文章，由此展开了一场大论战，并扩大到李森科主义的其他方面，直至1956年春第一次把李森科赶下台)。

胡先骕的批评如下：

李森科关于生物种的新见解初发表的时候，由于政治力量的支持，一时颇为风行。接着便有若干植物学工作者发表论文来支持他的学说：报道黑麦“产生”雀麦，橡胶“产生”无胶蒲公英，作物“产生”杂草，白桦“产生”水杨，鹅耳枥“产生”榛，松“产生”枞，甚至向日葵“产生”寄生植物列当。但不久即引起了前苏联植物学界广泛的批评。1952年至1954年各个专业的植物学家先后发表了成百篇专门论文，对李森科的学说作了极其深刻的批评，大部分否定了他的论点。前苏联《植物学杂志》编辑部根据大量论文所提供的资料与论据，发表了一篇“物种与物种形成问题的若干结论及其今后的任务”论文。这篇论文认为“李森科观点的拥护者犯错误的最主要原因在于实际材料的局限，以及没有利用关于物种及物种形成的极其不同并且相当具体的知识……他们进行实验的方法水平很低，研究不够精确，不足为据……李森科忽视了祖国和外国研究者的已有一切经验，显示出他以不可容忍的虚无主义的态度对待像分类学这样的生物学部门”。这篇论文还指出了李森科的新学说对于动植物选种，农业工作者与杂草作斗争，开垦草原地，以及植物学、资源学、森林学、苔原学、地层学各种科学实践都有害处，因而必须予以根本否认。这场争论在近代生物学史上十分重要。我国的生物学工作者，尤其是植物分类学工作者必须有深刻的认识，才不至于被引入迷途。

这本书出版后，当时在高教部工作的前苏联专家就此书提出“严重抗议”，说“这是对苏联在政治上的污蔑”。北京农业大学有几位教师给高教出版社写信，批判本书“有严重的政治错误”，并按照前苏联的调子，指责

胡诋毁前苏联共产党和政府，反对共产党领导科学，是个唯心的形而上学的孟德尔—摩尔根主义者，要求出版社停止出售该书并进行检查，要求胡作公开检查，要求中国科学院加强学术思想批判，才能领导科学界前进。

那时“百家争鸣”方针尚未提出，中宣部也未研究学术上的是与非，仍旧按着过去“学习苏联”、“学习李森科”的路子走，错误地把胡先骕这段正确的阐述当做严重的政治错误，认为应予以批判。遂与中国科学院商量，决定在1955年10月28～31日召开的纪念米丘林诞辰一百周年大会上批判胡的思想。在这次纪念会上，指名批判了胡在该书上的那段话。只是在1955年11月1日《人民日报》报道纪念会的文章中，没有点名地批判了“反米丘林思想”。胡先骕在1955年6月中国科学院的第一次学部委员大会上，没有当选为学部委员，与这件事有一定的牵连。胡未作公开检讨。1956年青岛遗传学座谈会后，有关领导人向胡道歉。他的这本书也获得允许出售。

参考文献

李佩珊等：《百家争鸣——发展科学的必由之路》，北京：商务印书馆，1985。

薛攀皋：乐天宇事件与胡先骕事件，见：中国科学院院史文物资料征集委员会办公室：《院史资料与研究》，(1)，1995。

（李佩珊）

中国科学院生物学部成立（Founding of the Department of Biology of the Chinese Academy of Sciences）

为了加强对全国科学活动及中国科学院所属研究所的学术领导，1954年中共中央和政务院批准中国科学院成立学术秘书处，遴选科学家任学术秘书，分设物理学数学化学部、生物学地学部、技术科学部和社会科学部四个学部。同年开始学部筹建工作。选聘学部委员的条件是学术成就、对科学的推动作用与忠于人民事业。经国务院批准选聘的中国科学院学部委员共233人，其中生物学方面（包括医、农）60人。

1955年6月1～10日，中国科学院学部成立大会在北京举行。大会主席团在会上宣布经推选产生的四个学部的主任、副主任及常务委员名单。生物学地学部主任由中国科学院副院长竺可桢兼任，黄汲清、童第周、许杰、陈凤桐、尹赞勋任副主任，常务委员22人，生物学方面有童第周、钱崇澍等13人。

学部工作的主要任务是：根据国家建设的需要和科学发展规律，制订科学工作发展规划和计划，检查计划执行情况；组织全国科学力量，以解决国家建设的重要任务；有计划、有领导地采用适宜的方式组织学术批评和讨论；召开会议，对各门科学中的重要理论问题和对国民经济具有重要意义的实际问题进行讨论。

大会闭幕后，生物学地学部于11日召开第一次常委扩大会，根据学部工作的任务，讨论决定：1. 按学科分为动物、植物、农、林、土壤、预防医学、医学、地质、古生物、地球物理、地理六个组，由常务委员分别领导；2. 对第一个五年计划内的重点发展工作，也由常委分学科负责筹划组织。此后，生物学地学部在编制十二年（1956～1967）科学规划，评审第一届中国科学院自然科学奖等方面做了大量工作。

1957年5月，经中共中央宣传部批准，分别成立生物学部和地学部，生物学部由童第周、林镕分任主任、副主任。从此，生物学部在编制生物学规划（1963～1972）、审议中国科学院研究机构的设置与调整以及组织重要学术会议等方面继续进行工作。

（季楚卿）

《1956～1967 年科学技术发展远景规划纲要》（生物学部分）[*Outline of Long Range Plan on the Development of Science and Technology*（1956～1967）（Section of Biology）]

1956 年，在国务院领导下制订的《1956～1967 年科学技术发展远景规划纲要》，从 13 个领域提出了57 项重要的科学技术任务，需要各个科学部门配合研究解决，其中与生物学研究相关的有第一、十、十一、十三等四个领域中的自然条件与自然资源，农、林、牧、医药卫生，及现代科学中若干基本理论问题的研究等16 项。在57 项重要科学技术任务中，带有关键意义的科学研究重点任务有12 个，其中与生物学研究有关的有黄河、长江综合开发的重大科学技术问题及自然科学中若干重要的基本理论问题等两个，生物学方面的基本理论问题是蛋白质结构与功能、遗传的规律等。

根据国务院总理周恩来的指示，该远景规划纲要从学科角度对数学、力学、物理学、化学、生物学、地质学、地理学、天文学等基础学科作了规划，初步确定了这些学科的发展方向。生物学学科规划指出，生物学是农、林、医疗等科学技术的理论基础。生物学以植物学、动物学、微生物学、昆虫学、人体及动物生理学、植物生理学、遗传学、生物化学、生物物理学和土壤学为发展重点，细胞学、心理学等也予以相应发展。12 年内的发展方向为：1. 通过系统的调查研究，积累生物学基本资料，如动、植物志的编纂，植被、土壤的调查，形态、生态的研究等；2. 研究有机体的发育和生长、结构和功能、遗传和变异以及有机体与环境的关系，为农业和医疗事业的发展充实理论基础；3. 用现代物理学、化学的理论和方法，研究有机体的细微结构、代谢机制、能量转变以及外界因素的影响，从而发展生物学的边缘学科，以发掘有机体的物理化学机能，使生物学研究更加深入。

（季楚卿）

青岛遗传学座谈会的召开（Convoking of Qingdao Genetics Symposium）

1956 年8 月10～25 日在青岛召开的遗传学座谈会是为了纠正学习前苏联李森科反遗传学的错误，同时贯彻中国共产党刚刚提出的“百家争鸣”方针的一次会议。之所以能够在这个时间开这样一个会，同中共中央在1956 年上半年指导思想的变化有关。

首先，1956 年2 月14 日在前苏联共产党第20 次代表大会上，赫鲁晓夫做了秘密报告，揭发了斯大林大搞个人崇拜的错误，推翻了斯大林这个偶像。前苏联科学界在1953 年3 月斯大林逝世后开始松动的思想更趋活跃，反对长期受斯大林支持的李森科的声浪日益高涨。终于，在1956 年4 月，李森科被迫辞去他已任期20 年的全苏列宁农业科学院院长的职务。与此同时，前苏联科学院宣布恢复1940 年被捕、1943 年死于狱中的前苏联植物遗传学家瓦维洛夫的名誉，并筹备出版过去未能出版的大量瓦维洛夫的著作。这个消息很快由来我国参加12 年科学规划工作的前苏联院士齐津传到我国科学界。遗传学界知道以后，议论纷纷，思想活跃起来，我国遗传学家开始说出了多年不敢说的意见。

还是1956 年4 月，中共代表团参加东德统一工人党代表大会归来后给毛泽东的报告中提到，东德的党对待他们的遗传学家的做法不同于苏联。东德的农科院院长斯多倍是摩尔根派的育种学家，他培育出的品种对国家很有贡献。东德党也曾劝他学习李森科学

说，并让他去前苏联参观，但他仍坚持自己的观点。东德党没有强迫他改变观点，仍让他当院长。毛泽东4月18日把报告批给中共中央宣传部，要中宣部讨论这个问题，并邀请中国科学院及其他有关机关负责同志参加。

1956年4月25日，毛泽东在中共中央政治局扩大会议上发表“论十大关系”。就是在同一个会上，毛泽东于4月28日提出了“百花齐放、百家争鸣”是发展艺术和科学的根本方针。5月2日，毛泽东又在最高国务会议上讲话，向党外公开了这个方针。会后，周恩来作了传达。5月26日陆定一应当时担任中国科学院院长和中国文学艺术界联合会主席郭沫若的邀请，在北京中南海怀仁堂向科学和文艺工作者做了题为“百花齐放、百家争鸣”的报告。在这些报告中都提到遗传学的两派之争，认为过去那种支持李森科派、压制摩尔根派的作法是不对的。陆定一在报告中，还强调争鸣要以研究工作为基础；对待不同的学术意见，要采取自由讨论的方法，反对采取行政命令的方法；应当允许被批评者进行反批评；强调自然科学没有阶级性，反对贴阶级的和政治的标签，等等。

报告做后不久，陆定一就找当时任中宣部科学处处长于光远谈话，要他同中国科学院和高等教育部共同商讨，如何针对遗传学存在的问题，开展学术上的自由讨论。

于光远同上述两个单位的负责同志商讨后，决定在8月份由中国科学院和高教部联合主持，在海滨城市青岛召开遗传学座谈会。会前做了大量的准备工作。由两个单位负责拟定与会者名单，并向他们宣传政策，解除他们的思想顾虑。中宣部科学处负责作调查研究，会前写出《关于米丘林生物学与孟德尔、摩尔根主义论争的一些材料》小册子，发给到会的一些领导同志参考。材料由科学处的孟庆哲、黄青禾、黄舜娥三人编写，其中有关于前苏联的历史背景的材料。

座谈会由中国科学院生物学地学部副主任童第周主持，包括列席的和会务工作人员，共有130多人参加。在会上发言的生物学家共53人，中国科学院副院长竺可桢、高教部农林教育司副司长周家炽、中宣部科学处处长于光远也都到会。在生物学家中，两派的代表人物李汝祺、谈家桢、余先觉、李竟雄、祖德明、梁正兰、李燔等都出席了会议。座谈会共开了14次，每天上午开会，下午自由交谈。讨论的专题有：遗传的物质基础、遗传变异与环境的关系、遗传与个体和系统发育的关系以及遗传的研究和教学等。

在会议的第一天和会议中间，于光远作了两次较长的发言。他针对两派的学术观点严重对立的状况，宣传了党的“百家争鸣”方针，强调学术工作要尊重科学事实，学术上的不同见解要通过自由讨论和科学实践去解决，一时解决不了的问题要等待，不要急于作结论，在讨论中要吸取对方的长处等。他宣布全部摘掉过去强加给摩尔根遗传学的各种政治帽子，阐述区分学术问题与政治问题的重要性。他还明确表示他不赞成李森科的“偶然性是科学的敌人”的哲学命题。他的发言进一步解除了与会者的思想顾虑，活跃了会场的气氛。

座谈会上，学者们发言积极而认真，有的人发言多达七八次。摩尔根遗传学的学者们理直气壮地陈述自己的学术见解，同时举出大量经过科学实验证明的事实。李森科派的学者们在坚持自己观点的同时也批评了李森科的某些错误。会议气氛热烈，摆事实，讲道理，各抒己见，畅所欲言。这是几年来第一次两派学者坐到一起，心平气和地讨论不同的学术见解，打破了以往“一家独鸣”的僵局。许多学者一再强调，百家争鸣必须建

立在科学研究的基础上，只有以充分而有力的科学事实作为自己学术见解的依据，百家争鸣才能健康地开展。

座谈会后，教学与研究的大门向摩尔根遗传学敞开，使他们能够享有同李森科派同等的权利，虽然在实际工作的贯彻中阻力还不小。因此，许多人认为这次遗传学座谈会是贯彻“百家争鸣”方针的一个典范。

参考文献

李佩珊等：《百家争鸣——发展科学的必由之路》，北京：商务印书馆，1985。

龚育之，刘武生：“百花齐放，百家争鸣”的提出，见：任元彪等编：《遗传学与百家争鸣》，北京：大学出版社，1996。

（李佩珊）

新疆科学考察与生物科学 (Scientific Survey and Biological Science in Xinjiang)

新疆面积占中国国土面积的1/6，但在这样一片广大的国土上，在很长的时期，生物科学研究却近于空白。20世纪50年代以来，新疆生物科学进入了一个快速的发展时期，建立了相应的研究机构，在高等院校开设了相应的专业，植物、动物、微生物、草原、林学等学会相继成立，形成了一支门类较齐全、人数较多的科研队伍。

在新疆生物科学的发展历程中，大量的全区性、区域性、综合性、专题性科学考察，发挥了填补空白、奠定基础的作用。其中，重要的考察项目有：新疆综合考察（1956～1960）、新疆沙漠考察（1958～1959）、新疆重点地区荒地资源综合考察（1975～1982）、天山托木尔峰地区科学考察（1977～1978）、罗布泊综合科学考察（1980～1981）、塔城南湖自然资源综合考察（1981）、准噶尔沙漠科学考察（1981～1983）、阿尔金山自然保护区综合科学考察（1984）、塔里木河流域遥感资源综合考察（1981～1985）、新疆资源开发和生产力合理布局考察研究（1985～1989）、青藏高原喀喇昆仑山—昆仑山地区科学考察（1987～1992）、塔克拉玛干沙漠综合科学考察（1987～1994）、中日阐明沙漠化机制合作研究（1991～1995）。重要的专题性考察有野马野骆驼、新疆鱼类资源、新疆植物资源和中草药资源、大型真菌资源、珍稀濒危动物等项考察。

通过大量的科学考察，对新疆生物区系成分、种群特征、分布规律、演变趋势、利用前景有了较为全面和完整的认识，积累了相当的基础科学资料，培养造就了一批生物学科高层次的科技人才，为新疆生物科学的跨世纪发展奠定了基础。

新疆综合考察　新中国成立后在新疆首次举行的多学科综合考察，由中国科学院组织，前苏联科学院给予了大力支持，队长周立三。考察队设有植物、动物、昆虫等生物学科的专业组，出版有《新疆植被及其利用》、《新疆鸟类和兽类》等专著。秦仁昌的“关于胡杨林与灰杨林的一些问题”和张新时的“东天山森林的地理分布”两篇论文，首次对新疆具代表性的植被——荒漠河岸林和山地森林进行了科学阐述与分析；前苏联科学家A.A.尤纳托夫对新疆植被某些生态地理规律的系统而详尽的阐述等，在新疆植被研究中具有开创性意义，对正确认识亚洲中部和中亚植物区系具有重大作用。通过考察研究，首次提出新疆植被分类系统和原则，并对植被型进行了描述；首次提出新疆植被分区的原则和方案，在草原区、荒漠区下划分了11个植被省和57个植被州。新疆鸟类、兽类和昆虫的考察研究，也具有填补空白的意义，为新疆动物状况完整的认识建立了初步框架。

新疆沙漠考察 由中国科学院治沙队对被称为“生命禁区”的中国两大沙漠的全面考察，对沙漠植被的生存环境及其防沙、治沙意义有了新的认识，为新疆的治沙工作提供了科学依据。其中，胡式之对亚非荒漠区最重要的荒漠植被之一的梭梭的深入研究，在干旱区植被研究中具有重要学术价值。

天山托木尔峰地区综合科学考察 本次考察系在我国高山考察中第一次进行的南、北两个坡面的全剖面考察，在植被垂直分带研究中具有独创性；在动植物的栖息、分布和植物区系研究中的许多新记录、新发现，为证实天山的隆起在南北方向上起屏障作用，在东西方向上起桥梁作用的结论，提供了科学依据；对古生物的研究，为确定天山演变的地质年代方面，提供了重要的参考；发现了大量新种，对昆虫的考察，仅在已鉴定的种中即发现新种42个，对真菌的考察，在已鉴定的217种真菌中发现新种1种，国内新记录28种，新疆新记录123种，对地衣的考察，已定名的有67种、10变种、4变型地衣，我国新记录即达23种、3变种、3变型。

青藏高原喀喇昆仑山—昆仑山地区科学考察 本项考察是自20世纪70年代初开始的青藏高原综合科学考察的组成部分。本区是阐明青藏高原有关地学、生物学一些重要问题的症结所在，是研究东特提斯形成演变及板块碰撞机制的关键所在，本项考察研究，不仅将促成对高原形成演化、自然环境变迁、生物区系起源、自然地域分异及演变趋势等重大问题认识的深化与完善，而且对地球环境变化的研究也有重要意义。考察中，对这一区域植物区系的特征有了新的认识，确认本区因地势结构的独特性而成为亚洲荒漠植物亚区和青藏高原植物亚区之间的一个重要过渡地带；本区动物种类数量虽然比较贫乏，但由于人为活动影响相对较小，原始的自然生态仍维持在较好的状态，动物的区系组成和主要生态类群之间的相互关系比较协调。

塔克拉玛干沙漠综合科学考察 本次考察是对这一中国最大沙漠规模最大、学科最多的一次综合考察。生物学科的考察，对改变对“死亡之海”的固有认识，研究山盆关系和沙漠演变具有重要意义。本次考察，对沙漠中植物、动物种群数量和生存现状有了量化的新认识，提出了新的植被和动物区划；首次确定本区植被性质为中生、耐盐、隐域分布和不稳定的植被；应用和发展了“岛屿生物学”的原理和科学内涵；首次在沙漠腹地进行微生物研究，采集、分离和保存了200余个菌株，发现了一批耐高温、耐寡养的特殊菌株，并分离出1个新种。

参考文献

中国科学院新疆综合考察队，苏联科学院地理所：《新疆维吾尔自治区的自然条件（论文集）》，北京：科学出版社，1959。

中国科学院登山科学考察队：《天山托木尔峰地区的生物》，新疆：人民出版社，1985。

中国科学院青藏高原综合科学考察队：《喀喇昆仑山—昆仑山地区自然地理》，北京：科学出版社，1999。

夏训诚，胡文康：塔克拉玛干沙漠资源与环境，《中国科学院院刊》（B），23（8），1993。

（胡文康 潘伯荣）

中国的自然保护区（Nature Reserve in China）

20世纪80年代以来，随着工农业生产的迅速发展，对自然资源的过度利用导致了环境恶化和资源枯竭，水旱风沙灾害频繁发生，使得人们不断呼吁要重视自然保护问题。于是，自然保护区有如雨后春笋般地出现，其发展从20世纪50年代庄园堡垒模式，经历70年代多功能管理模式，至90年代形成生物区

域规划管理模式，要求广交伙伴，与社区实施共同管理，利益公平分享，成为实施可持续发展的基本单元。简单地说，“保护区主要是致力于生物多样性及其他自然和文化资源的管理，并通过法律和其他有效手段进行管理的陆地或海域”。这里扼要地介绍它的发展过程。

1. *历史的回顾* 尽管中国古代便有了朴素的保护自然和自然资源的思想，意识到保护和利用自然资源与人类生存发展的关系，设立了专门的部门负责管理。历代的皇家园林、庙宇园林、禁猎区、禁伐区、村庄后山等，从现在的观点来看，多少也具有保护区的性质，客观上保护了一部分自然环境，保存了许多物种，为后代留下了不少古代劳动人民保护自然的宝贵经验。但是，作为科学概念的保护区的建立是在20世纪50年代才开始的。1956年以气候学家竺可桢为首的一批生物学家和地理学家在第一届全国人民代表大会第三次会议上提出建立保护区提案之后，同年10月在第七届全国林业会议上，在14个省区划定40多处自然保护区，并制订了相应的法律和管理条例。60年代，保护区的数量没有太大的发展，但是，已建立的保护区得到了一定的充实。70年代开始，由于联合国人类环境会议的召开，大大促进了人们对环境保护重要性的认识，也就把自然保护与自然保护区的建设进一步推动起来。80年代，中国的改革开放政策不断发展，对保护区事业也产生了巨大的影响，国民经济和社会发展规划中明确提出建立保护区网的任务。近20年来，保护区的数量大增，截至1999年底已达到1 146处，占国土总面积的8.8%，风景名胜区和森林公园等还未计算在内。目前还在不断发展中，年平均增长率在36%以上，呈现了快速发展的格局。但是，也应该看到，在数量上特别是在质量上，自然保护区都远不能适应国家经济建设和文化、科学事业发展的需要。人们对保护区的性质和作用还缺乏充分的了解，没有真正把它看作是经济建设和社会发展的一个不可缺少的组成部分，因而国家没有专门的经费和明确的任务与要求，缺乏统一的监督和检查，不少保护区还处在勉强维持或有名无实的情况之下。

2. *现况和问题* 应该说，当前中国保护区的网络已经形成，各个自然区域都形成了比较完整的布局，各个主要生境类型、生物多样性关键地区和特有种集中分布地区都建立了相应的保护区。保护区的类型也是多种多样的。但对它们的性质和管理途径知之甚少，难以发挥其多功能的作用。由于缺乏有效管理，每一个保护区都处在不同因素威胁之中，资源保护和持续利用问题未能真正解决。归纳起来，下列因素是主要的：a. 边界没有明确划定，缺乏法律的保护；b. 偷砍偷猎；c. 旅游的影响；d. 修建道路、水利设施和房屋建筑的影响；e. 开矿的影响；f. 大气和水污染的影响；g. 盲目移居；h. 过度放牧和垦殖；i. 火灾的影响。如果上述都是一些客观原因的话，那么，最关键的是管理者管理不善的主观原因，诸如组织不健全、发展方向不明确、缺乏必要的经费和切实可行的管理办法、与当地政府和社区关系不协调、工作人员主观能动性未能充分发挥等是急需解决的问题。

3. *管理类型和级别的划分* 保护区和其他任何分类对象一样，由于划分的目的和要求不同，所根据的原则是不一样的，划分的原则不同，所得出的名称和系统也就有别。各种分类系统不但不相互排斥，相反却是相互补充的。当前多种多样保护实体迅速发展，从不同角度把它们分门别类，理顺彼此的相互关系和异同，才能进行有效的管理。可有

下列四种划分：按管理归属划分的保护区类型；按管理级别划分的保护区类型；按保护的主要对象划分的保护区类型；按管理的目的划分的保护区类型。从以上的划分可以看出，保护是保护区的共性，但由于保护区本身的条件以及建立的目的和要求不同，也有其独特性和差异性，允许人为干扰的方式和强度也就有别。多种多样保护区的出现并不是偶然的，它是经济建设和社会发展过程中的产物，是管理自然资源的要求，彼此不能代替，彼此之间应有一定的数量比例，不同时期强调某种类型保护区的建设也是必要的。

4. 管理体制　当前，中国保护区的管理体制简单地说是统一协调、分散管理的方针。统一协调机构为国家环境保护总局，负责统一管理、指导、监督和立法等，本身也拥有和管理一些保护区。分散管理，则森林和野生动物属林业部，草原、荒漠、农田和淡水水域属农业部，地质和自然遗迹属国土资源部，风景名胜区和自然与文化遗产地属建设部，海岸和海域属海洋局，文化景观和文化遗产地属文化部。这种管理体制表面看来好像各得其所，十分协调，但由于负责统一协调的部门没有财政支配权，缺乏权威性，集中领导力量薄弱；而分散管理部门不够广，也不够放手，还是集中在中央主管部门，地方政府、社区、非政府组织、公私企业和企业家等还很少参与。看来，专门建立一个有权威性的主管部门，由国家投入足够的资金，集中领导，充分发挥各方面积极性，在统一规划指导下，通过委托、承包、贷款、合股和出售等分散管理，并把它列为一项投资项目，鼓励国内外热心自然保护事业的集团和个人投资管理，是完全合乎时代潮流的。

5. 今后工作重点

5.1 提高主管部门的管理能力和保护区的管理水平：首先要完善管理机构，提高组织能力，大力发展信息系统管理。其次，要选择一些保护区进行有效管理试点，成立示范点，政府要亲自过问，进行经验交流。

5.2 继续扩大保护区网，达到占据国土面积10%左右，并要均匀分布。把生物圈保护区管理模式列入国家保护区发展规划中去，实行保护和发展密切结合的指导方针。

5.3 通过区域规划的制订，使保护区和其他土地类型一样，严格制订发展规划和管理途径。

5.4 对保护区进行生态和经济评价，把经济手段应用到自然保护事业中去，以贷款数值估价自然资源直接和间接利用的价值。

5.5 加强校内外自然保护教育和宣传工作，编写系统教材和宣传材料，办好必要的刊物和报纸。

5.6 制订保护区法和受威胁物种保护法，使保护区的建立、管理、经费、资源保护和利用等都有明确的法律规定，并严格执行。

5.7 扩大财政来源渠道，特别是要争取社会各界人士的支持和帮助，要成立相应的群众组织开展此项工作。

5.8 加强与当地社区的密切合作，要使他们得益，吸收他们参与各项工作，帮助他们规划土地合理利用，避免保护区成为大面积栽培景观中的孤岛。

5.9 把保护区建设成为生物多样性的研究与利用的战略基地，成为实施可持续发展战略的基本单元。

5.10 促进保护区有效管理的国际合作，姊妹保护区和跨界保护区的建立是行之有效的合作好形式。

现代世界经济发展空前混乱，到处渴望改革，赞扬过去的勤俭、持续利用资源的美德，期待科学地管好地球，建设持续社会新

的生活模式。保护区将在其中起着举足轻重的作用，保护区的观点在各个方面都能起示范作用，并已提供了具体的范例。

参考文献

王献溥:《自然保护区的理论与实践》，北京：中国环境科学出版社，1989。

王献溥：再论生物圈保护区的基本概念及其在建设持续社会中的作用，《中国生物圈保护区》，4：10～14，1996。

王献溥:21世纪中国的保护区向何处去，《植物杂志》，5：2～3，1998。

王献溥：新世纪保护和发展的展望，《植物杂志》，6：3～5，1999。

（王献溥）

首次颁发中国科学院自然科学奖（生物学5项）[The First Medalling for Natural Science Award of Chinese Academy of Sciences (5 Awards in Biology)]

1955年8月25日，国务院全体会议通过中国科学院拟订的《中国科学院奖金条例》，由总理周恩来命令公布实施。这是新中国第一个有关科学奖励制度的法令，是全国的最高科学奖。

中国科学院自然科学奖第一次的评定结果，以院长郭沫若的名义于1957年公布。同年5月30日，在北京召开的中国科学院学部委员第二次会议的闭幕式上，举行授奖仪式。获奖成果共34项（一等奖3项、二等奖5项、三等奖26项），生物学研究成果获其中二等奖1项、三等奖4项。中国科学院植物研究所钟补求的“马先蒿属的一个新系统”获二等奖。获三等奖的4项是：1. 中国科学院实验生物研究所的朱洗等人的“关于蓖麻蚕的实验研究”。1951年，朱洗等对印度的能长年连代发育、无休眠期的蓖麻蚕进行实验研究，摸索出一套饲养方法，解决了蓖麻蚕越冬和软化病防治等问题。1953年开始试养，1956年推广。此后，实验生物所与纺织单位协作试制成吸色性好、弹力强、耐磨性好的绢丝和丝毛混纺等织品。该成果在学术上也有一定贡献。2. 中国科学院海洋生物研究室曾呈奎的“甘紫菜生活史的研究”。获奖者不但解决了海藻学家对紫菜生活史中不明确的几个环节，并在国际上首次证实了壳斑藻是甘紫菜生活史中的一个阶段，解决了紫菜养殖中的关键问题，还设计了促使紫菜孢子放散的培养方法，使紫菜人工养殖成功。3. 中国协和医学院（与中国科学院昆虫研究所合作）冯兰洲的“中华按蚊在自然情况下传染马来丝虫的研究”。该研究首先发现我国除班氏丝虫外，也有马来丝虫。鉴别出班氏微丝蚴和马来微丝蚴在结构上的区别，研究了马来丝虫在蚊体内的发育过程，指出马来丝虫病的多发区在南方山区，是由于稻田内滋生的中华按蚊是其传染媒介。4. 哈尔滨兽医科学研究所袁庆志的“兔化牛瘟病毒研究”。该研究用免疫学原理，育成一种牛瘟病毒弱毒株——绵羊化山羊化兔化弱毒株，在中国首次解决了易感染性较大的牛种的牛瘟预防注射所需的疫苗，安全有效，成本低廉，是消灭高原地区牛瘟的有效办法。

（季楚卿）

中国植物志编辑委员会（Editorial Committee of Flora of China）

中国植物资源十分丰富，高等植物有30 000余种，编纂植物志是植物分类学的最基本任务之一，也是摸清我国植物资源家底和合理开发利用植物资源的基础。1950年8月，在北京召开了全国植物分类学工作会议，植物分类学家一致认为应编纂中国植物志。为此，以中国科学院植物分类研究所（植物

所前身）和华南植物研究所为中心，开展全国范围的植物标本采集和有关书刊的订购补充工作。1956 年在全国一些地区又相继建立了植物研究所，使植物分类学得到了更快的发展。特别是随着全国性的植物调查采集工作的蓬勃展开，进一步创造了编写《中国植物志》的良好条件。1959 年在全国植物学家的倡议下，由中国科学院植物所牵头，筹备组织中国植物志编委会，上报中科院，经批准同年成立了中国植物志编委会，挂靠中国科学院植物研究所。主编先后由植物学家钱崇澍、陈焕镛、林镕、俞德浚、吴征镒担任。

编委会在1961 年首次提出“编写规格”，1965 年对“规格”进行补充整理并编印成册，印发全国。经广泛征求意见和试用后，在1973 年、1978 年和1984 年分别印发了新版本，使中国植物志的编写内容更趋合理化和规范化。

1973 年，经国务院批准，在广州召开了“三志”工作会议，中国植物志编委会的工作得到全面的恢复，同时对编志计划做了全面的调整。经过20 多年的努力，于20 世纪即将结束之时，一部80 卷、125 册、5 000 万字、5 000 幅植物图版的巨著全部完成，向国庆50 周年献礼。（中国植物志编委会办公室供稿）

（王　晨）

中国动物志编辑委员会（Editorial Committee of Fauna of China）

我国动物种类资源极其丰富，据估计物种达20 余万种。其中脊椎动物约6 400种，昆虫15 万种，其他无脊椎动物5 万种。1956 年国务院将编纂《中国动物志》列入我国科学技术发展规划。为了更好地领导《中国动物志》的编纂工作，1962 年6 月，经中国科学院批准，正式成立了中国动物志编辑委员会，挂靠中国科学院动物研究所，第一届编委会主任由童第周担任。编委会根据中国动物种类情况，讨论提出要编纂500 卷志。“文化大革命”期间，编委会工作基本处于停顿状态。1973 年，经国务院批准，《中国动物志》、《中国植物志》、《中国孢子植物志》在广州召开了编委会扩大会议，讨论编志的前景规划。会上组建了《中国动物志》第二届编委会，由陈世骧担任主编。1976 年4 月在北京召开了第二届编委扩大会议，24 省市区 71 个单位 112 名代表出席会议。在编委会领导下，1978 年《中国动物志》第一卷《鸟纲鸡形目》出版。

1990 年5 月第三届编委会成立，并在北京召开了会议，由朱弘复担任主编。在三届编委会的领导下，经全国十几个单位 500 多人的努力，至1998 年，已出版《中国动物图谱》27 册，《中国经济昆虫志》55 册，《中国经济动物志》11 册，《中国动物志》47 册。另已完成待出版的动物志有50 余册。（中国动物志编委会办公室供稿）

（王　晨）

生物学学科规划（1963～1972）[Plan of Biology（1963～1972）]

根据1962 年3 月广州科学工作会议的部署，同年5 月至9 月，中国科学院会同教育部组织科学家编制数学、物理学、力学、化学、生物学、地学、天文学等七个基础学科的十年（1963～1972）发展远景规划。

生物学学科规划是经中国科学院各有关研究所草拟，国家科委生物学组讨论修改，中国科学院生物学部扩大会议审议后，上报国家科委的。该规划的“引言”指出，本学科规划是十二年科学技术发展远景规划中生物学部分的调整、补充和发展。要在已进行的生物资源调查研究基础上，进一步开展与生物资源开发利用关系密切的分类、形态、生

态等方面的调查研究工作。要在已开展的实验生物学研究基础上，用数、理、化的理论和技术，在细胞、亚细胞以至分子水平上研究各种生命过程和现象，为解决医疗和农、林、牧等方面重大问题提供理论基础。据此，生物学学科规划提出了10个重大课题和13个二级学科的发展规划。

10个重大课题是：1. 合理利用土壤和低产土壤改良；2. 扩大肥料来源和合理施肥；3. 农林主要病虫害的防治；4. 作物的生长发育和抗性；5. 主要作物经济性状的遗传规律和杂种优势的理论基础；6. 生物资源的利用和控制；7. 电离辐射对机体作用机制及放射病的防治原理；8. 建立宇宙生物学的研究基础；9. 建立分子生物学的研究基础；10. 实验生物学若干重要实验技术的研究与建立。第9项"建立分子生物学的研究基础"被列为国家重点项目。

13个二级学科是：动物学、植物学、微生物学、动物生理学、植物生理学、生物化学、生物物理学、遗传学、细胞学、胚胎学及组织学、人类学、心理学、土壤学。每一分支学科规划的内容包括该学科范围、研究重点、国际趋势以及国内现状与发展要求。规划要求五年左右补齐空白和薄弱领域，十年左右建立比较巩固的学科基础。

该规划为保证其实施，提出在研究机构布局、干部培养、分工协调及装备和条件等方面采取必要措施。但该规划与国家的科学技术十年规划同遭厄运，在"文化大革命"中夭折。

（季楚卿）

中沙群岛综合海洋科学考察（Marine Comprehensive Scientific Expedition to the Zhongsha Islands）

中沙群岛位于15°24′N～19°35′N、113°02′E～117°50′E，是南海中部一群淹没在水下的群礁，它由中沙大环礁上26个暗沙、暗滩和大环礁外的黄岩岛、中南暗沙、宪法暗沙、一统暗沙和神狐暗沙等6个岛、沙、滩所组成，共包括30多个暗沙、暗滩和1个岛。

1973年起，中国科学院南海海洋研究所开始对包括中沙群岛在内的南海中部进行多次综合调查，曾多次穿越中沙大环礁（浅滩），一再登上黄岩岛，取得大量现场的实测资料和数据。调查表明：中沙大环礁为隐没水下略呈椭圆形的暗沙群，东北到西南长约75海里，西北到东南宽约33海里，其中在边缘宽超过5 km，水深12 m～26 m的暗沙、暗滩达20座。大环礁边缘至中部存在着三级水下级地，第一级12 m～26 m，第二级55 m～65 m，第三级75 m～85 m，泻湖最深95 m～109 m。除海底地形地貌外，还调查了海洋沉积、水文、气象、化学、物理及生物等项目。1977年10月7日考察队首次登上中沙群岛的黄岩岛。黄岩岛又称民主礁，为一略呈等腰三角形的大环礁，东西长15 km，南北宽15 km，周长约55 km，面积150 km^2。礁缘峻峭，礁盘上有数以千计面积1 m^2～4 m^2 不等的大礁块，突出海面0.3 m～1.5 m，在水下一般有0.5 m～3 m，最高者为南岩，高出海面1.8 m，位于环礁东南面，其东侧有一水道通入泻湖，宽约400 m。北岩位于北面，高出海面1.5 m。泻湖内西北和东南深约2.2 m，中部偏东南最深为17.8 m，泻湖曾为美空军打靶场，有许多水泥块及未爆炸弹，泻湖底有众多黑海参，台湾渔民常在此捕捞海鲜和金口蝾螺。黄岩岛四周为3 500 m深海。此外考察队还对宪法暗沙、中南暗沙、一统暗沙和神狐暗沙进行了调查和测量。

黄岩岛泻湖生物首次初步调查发现有浮游植物46种、浮游动物10种、海藻22种、软

珊瑚2种、环节动物3种、软体动物39种、节肢动物5种、棘皮动物13种。中国科学院南海海洋研究所的中沙群岛和西沙群岛在内的南海中部海洋综合科学调查于1983年获中国科学院科技成果一等奖。

（陈清潮）

青藏高原综合科学考察 [Comprehensive Scientific Expedition on the Qinghai — Xizang (Tibetan) Plateau]

青藏高原综合科学考察是中国科学院领导的，由中国科学院自然资源综合考察委员会主持和组织实施的大型综合科学考察活动。考察自1973年开始，范围几乎涉及整个青藏高原，分三个阶段进行：第一阶段（1973～1980）考察了西藏自治区，第二阶段（1981～1986）考察了高原东部的横断山区，第三阶段（1987～1991）考察了高原北部的喀喇昆仑山－昆仑山和可可西里地区。

青藏高原幅员辽阔，地势高亢，面积约2.5×10^6 km^2，平均海拔在4 500 m以上，海拔8 848 m的世界第一高峰——珠穆朗玛峰即位于其南缘的中尼边界，素有"世界屋脊"之称，又被誉为"地球第三极"；同时，它又是地球上一个独特的地域单元，"其年青的地质历史、活跃的新构造运动、剧烈的环境变迁、对大气环流的作用、独特的生物区系、丰富多彩的自然景观及其对周边地区自然环境和人类活动的综合影响而为科学界所瞩目"（孙鸿烈），是地学、生物学和环境科学研究的重要天然实验室，也是我国有待开发的一块资源宝地。开展青藏高原综合科学考察，在科学发展和经济建设上无疑具有十分重要的意义。

青藏高原综合科学考察由孙鸿烈领导，科考队员有五六百人之多，分别来自中国科学院有关研究所、高等院校、中央和地方有关科研机构和生产部门等近百个单位，包括地球物理、地质、生物、自然、资源等方面50多个专业和分支。其考察人员之多、包括学科专业之全、考察区域之广、考察时间之长，在我国科学考察史上都是空前的。

科学考察始终围绕着"青藏高原隆起及其对自然环境与人类活动的影响"这个中心课题进行。通过考察获得了大量的第一手科学资料，取得了重大科研成果，并培养成就了一大批从事高山科学研究的科学家。在第一阶段结束后，各学科通过系统研究总结，出版专著59本，填补了科学研究上的地区空白；并在各学科丰富资料和众多新发现的基础上，全面阐述了岩石圈的形成、演化、高原隆起、自然环境变迁、生物区系形成演化以及自然资源开发利用与保护等重大科学问题，"首次对考察区提出了高原形成的板块构造模型，指出青藏高原岩石圈是由冈瓦纳大陆分裂出来的几个小陆块，由北而南在不同时期分别沿着金沙江、班公湖—怒江、雅鲁藏布江缝合带依次拼合而成。印度板块与欧亚大陆碰撞以来，印度板块继续向北漂移，导致地壳大规模缩短和加厚，即青藏高原的整体抬升。强烈隆起时代始于上新世末；晚更新世以来的10余万年内，平均每年抬升达5 mm～10 mm"，从而比较系统地阐明了高原隆起的原因、机制、时代、幅度、形式等重大理论问题。

考察研究揭示了高原隆起对自然环境的巨大影响，阐述了高原自然环境的历史变迁，论述了高原地貌、气候、冰川、冻土、泥石流、河流、湖泊、沼泽、土壤、植被等的形成、演化及其特征和分布规律，论证了农、林、牧、水、地热、盐湖、生物等自然资源的特点、分布、合理开发利用与保护；并在此基础上，提出了综合自然地理分区和大农业发展分区，为从宏观上制订高原地区发展规划

提供了科学依据。

参加综合考察的生物学科比较多。植物方面包括有种子植物、蕨类、苔藓、藻类等分支学科；动物方面包括有哺乳类、鸟类、两栖爬行类、鱼类、水生无脊椎动物和昆虫类等分支学科；微生物方面有菌类、地衣类等分支学科。考察中除采集了大量标本外，各门类均发现了大量的新种、新亚种及一些新属和一批国内或西藏的新记录，为编纂全国“三志”提供了丰富宝贵的新资料；同时也极大地推动了高原生物区系特征及其形成演化的理论研究，论证并提出了青藏高原动物区系虽然包含了一些古老成分，但其整个区系组成并不十分古老，“西藏动物区系不是在更新世大冰期以后才重新组合的，而是在整个更新世期间开始发展形成的。即随着高原多次大幅度的强烈隆起而逐步演变成现代这样一个独特的动物学综合体的”；“西藏植物区系是在康滇古陆上起源，并在高原隆起过程中发展成为一个新的区系，是北温带一些大的植物科属激烈分化与发展的中心”。

1980 年，在改革开放的新形势下，以第一阶段综合科学考察成果为主，中国科学院在北京举办了包括我国在内的 19 个国家共 240 多位科学家参加的“青藏高原科学讨论会”，国内外同行进行了广泛的学术交流，会后编辑出版了两部英文版的科学讨论会文集。并以此为契机，开始进入了中外科学家合作开展青藏高原科学考察研究的新阶段。

第二阶段横断山地区的考察和第三阶段喀喇昆仑山—昆仑山地区及可可西里地区的考察也获得丰硕成果。已发表大量论文，出版了科考专刊、文集和部分专著，全面系统总结正在进行中。毋庸置疑，这些论著必将从更广阔的区域以更多的新资料、新论据，对中心课题做出更加深入的研究探讨，深化与完善对高原形成演化、自然环境变迁、生物区系起源、自然地域分异及演化趋势等重大问题的认识，在揭开高原奥秘的征途上迈出新的一步。

同时，综合科学考察也为高原地区的经济建设和发展提供了大量的基本资料和重要的科学依据。在西藏“一江两河”流域开发、羊卓雍湖水利水电建设、高原泥石流灾害防治、生物多样性保护、自然保护区建设、生态旅游业发展以及农林牧业规划等方面发挥了重要的先导和基础作用。

青藏高原综合科学考察取得的重大成果，受到中外科学界的极大重视与高度评价，产生了深刻影响。有关论著被广泛引用，从而使我国对青藏高原的研究居于世界领先地位，并因此先后获得了1986 年中国科学院科学技术进步奖特等奖和1987 年国家自然科学奖一等奖。但是对青藏高原的考察研究还远没有结束，其深藏的诱人奥秘需要我们一代又一代的科学家去继续探索。

参考文献

国家自然科学奖励委员会办公室编：1987 年国家自然科学奖获奖项目介绍，北京，1988。

中国科学院青藏高原综合科学考察队编：青藏高原综合科学考察研究，北京。

孙鸿烈：青藏高原科学考察研究的新阶段，《自然资源学报》，4（3），1989。

孙鸿烈主编：《青藏高原的形成演化》，上海：科学技术出版社，1996。

（王金亭）

中国人与生物圈计划 (Man and the Biosphere Programme of China)

人与生物圈计划（Man and the Biosphere Programme，简称MAB）是由联合国教科文组织（UNESCO）于1971 年发起，1972 年在联合国人类环境会议上通过的一

项政府间跨学科的大型综合性科学计划，强调多学科的合作，鼓励科学家、管理人员、政府决策者以及当地社区或居民的密切合作，至今已有110多个国家参与该计划的实施。MAB计划实施的最初10年，注重于未受干扰的自然生态系统的特征和过程的研究，涉及陆地、沿海、岛屿、山地、干旱和半干旱地区、城市等生态系统，环境污染控制和自然保护。进入20世纪80年代，MAB的研究更多地关注人类对各种生态系统的影响以及资源的管理等应用研究。1992年联合国环境与发展大会召开后，针对全球首脑在大会期间签署的重要公约和协议，MAB计划及时将优先领域调整为：生物多样性和生态过程的保护；区域性土地利用规划和资源的可持续管理；信息交流以及人才培训和管理水平的提高等四个方面。

MAB计划于1976年提出了生物圈保护区的概念，并建立了全球性的世界生物圈保护区网络，到1998年底为止，已有358个生物圈保护区分布在90个国家，其中包括中国的15个自然保护区。这一世界性的网络几乎覆盖了所有的生物地理区域，是当今世界上惟一的政府间大型科学网络，为MAB计划、“全球陆地观测系统”、“生物多样性公约”、“21世纪议程”以及一些和环境与发展有关的国际计划提供了研究基地。

中国于1973年参与MAB计划，1978年经国务院批准成立中国人与生物圈国家委员会（China·MAB），地点设在中国科学院，负责组织、协调MAB计划在中国的实施。中国是MAB计划的积极参与者和重要成员，China·MAB的三任秘书长——阳含熙、李文华、赵献英曾多次担任过MAB计划的最高权力机构——国际协调理事会的主席、副主席以及生物圈保护区顾问委员会副主席等重要职务。

China·MAB自建立以来便遵循国际MAB计划的方针和研究领域，在生物多样性保护、自然资源的管理、可持续发展以及地理信息系统的应用等方面开展了研究以及国际合作，促进了环境、社会、经济的协调发展。特别是中国生物圈保护区网络的建立（到目前为止，已有66个自然保护区纳入该网络），使得生物多样性保护以及可持续发展在国家水平上的实施有了保证，受到UNESCO以及其他国际组织和国家的好评，并于1996年获得世界自然保护联盟（IUCN）的奖励证书。此外，通过培训、学术研讨会、出版等活动推动MAB计划的实施。China·MAB与国内有关的部委、研究机构、大专院校、自然保护区以及相关的国际组织等有着良好的合作关系，使得MAB计划在中国顺利进行，成为重要的国际窗口。

参考文献

A Practical Guide to MAB，UNESCO，Paris，June，1987。

赵献英：《人与生物圈计划》发展综述，《中国科学报》，北京：1997. 7. 18，21，23。

（赵献英）

中国孢子植物志编辑委员会（Editorial Committee of Cryptogamia of China）

1972年，中国科学院在北京召开了全院科研计划工作会议，出席这次会议的曾呈奎、魏江春提出《中国植物志》、《中国动物志》已成立了编委会，藻类、真菌、地衣和苔藓植物也应该制订编志计划。为此，曾呈奎在大会发言，正式提出成立中国孢子植物志编辑委员会并开展编志工作的请求。同时建议并申请召开《中国植物志》、《中国动物志》、《中国孢子植物志》（简称“三志”）编委会工作会议。这一建议和申请当即得到了计划工

作会议主持人之一、原生物学部副主任过兴先的支持，随后，也得到当时主持中国科学院领导工作的武衡及其他院领导的批准。此后，《中国孢子植物志》编辑委员会筹备工作正式启动。1973 年 3 月在广州召开的“三志”工作扩大会议上正式成立了《中国孢子植物志》第一届编委会。原定第一届编委会主编由真菌学家戴芳澜担任，因他在“三志”工作扩大会议前夕不幸病故，遂由真菌学家王云章代理主编。副主编由海藻学家曾呈奎、淡水藻学家饶钦止担任。编委会挂靠在中国科学院微生物研究所。自 1973 年到 1986 年，《中国孢子植物志》编委第一、二、三届主编都由王云章代理。1986 年第四届编委会成立，主编由曾呈奎担任。《中国孢子植物志》共分五志 131 册，即《中国海藻志》、《中国真菌志》、《中国地衣志》、《中国淡水藻志》、《中国苔藓志》。20 多年来，在《中国孢子植物志》编委会领导下，编志工作进展较快，至1999 年1 月，已出版22 册，交稿待出版11 册。（魏江春提供资料）

（王　晨）

CITES 与中国 (CITES and China)

1963 年，国际自然与自然资源保护联盟大会通过了一项决议，呼吁缔结一项“管理珍稀和濒危野生动物种及其皮张和狩猎品的出口、过境运输和进口的国际公约”。1973 年，88 个国家在美国华盛顿特区召开的全权代表会议上对公约草案进行了讨论。1973 年 3 月3 日，21 个国家签署了《濒危野生动植物种国际贸易公约》（英文缩写CITES，简称《公约》）。1975 年7 月1 日正式生效。截止到 2000 年 5 月，已经有 151 个国家成为其成员。

尽管我国生物资源极为丰富，但大量资源长期过度利用。动植物的药用历史，据记载已有几千年，不少资源当前濒临枯竭边缘。狸子、猞猁等动物毛皮的外贸出口同样对资源形成巨大压力。我国还是观赏鸟的出口大国。据统计，我国20 世纪80 年代观赏鸟的年出口量超过百万只。对资源的长期依赖使中国成为本国及国外动植物的一个重要消费国。

中国政府于 1979 年以观察员身份首次参加《公约》成员国大会。经国务院批准，1980 年12 月25 日提出加入申请，1981 年1 月8 日向瑞士联邦政府交存加入书，同年4 月8 日起《公约》对中国生效。我国自加入《公约》后，设立了国内履约机构，建立和完善了动植物标本进出口的法律法规，严格按照《公约》的宗旨履行有关规定，基本建立起一套野生动植物及其产品进出口管理制度，为资源的可持续利用提供了保障。

迄今为止，《公约》被认为是保护野生动植物方面最有成效的国际条约之一。它对物种标本贸易的控制，主要通过许可证制度实现。《公约》管辖的标本包括动植物的活体、部分及其衍生物。受《公约》管辖的物种分为三个档次，即附录一、附录二和附录三上的物种。附录一包括所有受到或可能受到贸易影响而有灭绝危险的物种。我国的大熊猫、白鳍豚、虎、丹顶鹤等动物和兜兰等植物都列入附录一。这类物种标本的贸易控制十分严格，只有在特殊情况下才允许进行。附录二包括所有目前虽未濒临灭绝，但对其贸易不严加管理就可能面临这种危险的物种。未列入附录一的灵长类、猛禽、鳄鱼等均列入附录二。附录二物种标本一般采取限制贸易措施。附录三列入了任一缔约国为了保护目的，在其管辖范围内认为应遵循公约规定需进行管理以防止或限制开发利用、并需要其他缔约国合作控制贸易的物种。我国尚未申请将国内物种列入附录三。据有关组织统计，

列人三个附录的物种有33 900种，其中动物4 000多种，植物29 000多种。

根据《公约》规定，国务院指定中华人民共和国濒危物种进出口管理办公室（简称“国家濒管办”）和中华人民共和国濒危物种科学委员会（简称“国家濒科委”）分别作为我国履行《公约》的管理机构和科学机构。海关、农业部、国家林业局、公安部、民航总局、国家经贸委等有关部门配合两机构实施《公约》的有关规定。国家濒管办设在国家林业局，国家濒科委设在中国科学院。

《濒危野生动植物种国际贸易公约》、《野生动物保护法》、《野生植物保护条例》等法律、法规和部门规章构成我国野生动植物进出口管理的基本法律框架。《公约》附录随成员国大会修正案的审议结果每两年变更一次，由国家濒管办和国家濒科委编译并公布。为适应我国野生动物资源保护形势的迫切需要，我国加强了对野禽、野味和观赏动物、含野生动物成分中成药、非国家重点保护野生动物等的进出口的管理。1997年12月18日，国家濒管办和海关总署联合下发了《关于印发〈进出口野生动植物种商品目录〉的通知》（濒办综字［1997］48号），使进出口野生动植物的管制范围由原来的公约附录物种和国家重点保护野生动物、植物及其产品扩大到有益的、有重要经济、科学研究价值的野生动植物及其产品。文件规定，列入目录管理范围的动植物标本的进出口，须办理由国家濒管办核发的允许进出口证明书。文件的发布，把以往通过保护动植物名录进行海关监管的模式改变为通过目录进行监管，使野生动植物的进出口纳入国际通行的HS商品编码管理，由海关报关计算机系统在进出口环节给予自动提示，进而加强了野生动植物资源的进出境监管力度，为行政主管部门监测野生动植物资源的消长情况提供了可靠的依据。前林业部曾下发《林业部关于核准部分濒危野生动物为国家重点保护野生动物的通知》（林护通字［1993］48号，1993年4月14日），将《公约》附录一和附录二所列非原产我国的所有野生动物（如犀牛、食蟹猴、驼鸟等），分别核准为国家一级和国家二级保护野生动物。对这些野生动物及其产品的管理，同原产我国的国家一级和二级保护野生动物一样，按照国家现行法律、法规和规章的规定实施管理。1993年5月29日，国务院发布《国务院关于禁止犀牛角和虎骨贸易的通知》，规定禁止犀牛角和虎骨的一切贸易活动。

根据《公约》及我国法律、法规和规章的规定，我国逐步建立起一套与《公约》配套的野生动植物及其产品的进出口管理制度，主要包括允许进出口证明书管理制度、归口审批和逐级申报制度、运输管理制度、豁免注册制度等。

根据公约第七条第6款关于对科研机构之间进行非商业性标本交流的豁免规定，以及“2.14号”决议对科研机构标本交流的要求，国家濒管办会同国家濒科委于1999年组织有关专家在对申报单位进行审查的基础上，首批批准并向《公约》秘书处登记注册了中国科学院动物研究所标本馆、中国科学院植物研究所标本馆、中国科学院水生生物研究所和中国科学院微生物菌物标本馆等四个单位。对标本交流活动的管理方法和具体措施正在研究制订当中。

《公约》第七条第4款规定，从事商业性人工繁殖或人工培植附录一动植物的单位，经注册登记，其标本的贸易可以免受原有规定的管辖。安徽扬子鳄繁殖研究中心是国家濒管办和国家濒科委核准并经《公约》秘书处登记注册的首家繁殖单位。自1992年注册后，其扬子鳄标本及产品的贸易不受附录一

物种有关规定的管辖，而被视作附录二物种标本进行管理。

《公约》确立的可持续利用原则及相关规定，要求附录一和附录二物种标本的出口只有在科学机构确认“出口不致危害有关物种的生存”的前提下才允许进行。为保证物种的出口不危害有关物种的生存，有关部门和科研院校组织开展了大量的研究和监测工作，研究成果成为国家濒科委评估工作的重要依据。

20 世纪六七十年代以来，中国科学院等部门陆续出版有《中国动物志》14 卷、《中国植物志》75 卷、《中国经济动物志》、《中国经济植物志》等各类志书。1984～1994 年，国家中医药管理局组织了全国中药资源普查，出版了《中国常用中药材》等著作。80 年代初，国家环境保护局等部门组织多次动植物种受威胁现状调查，并组织中国科学院等单位编制了中国动、植物红皮书。在基础研究方面也取得了重大进展。中国科学院在“八五”期间投资500 万元设立“生物多样性保护及持续利用的生物学基础研究”重大课题，并承担国家自然基金重大项目“中国主要濒危植物的保护生物学研究”。

根据《野生动物保护法》和《陆生野生动物保护实施条例》的要求，国家林业局于1995 年首次组织了全国性陆生野生动植物普查工作。调查与监测的对象主要是国家重点保护野生动物，《公约》及其他公约或协定中所列的物种，有重要经济、科学研究价值的物种等。调查和监测的内容包括数量、分布及生境状况、社会经济状况驯养、利用及贸易状况、管理及研究状况、影响资源变动的主要因子等。调查和监测工作将为有效保护、持续利用、科学管理我国野生动物资源提供科学依据，为国家宏观决策、履行国际公约或约定、开展国际交流及科学研究提供保障。

国家濒管办和国家濒科委根据我国实施《公约》的需要和《公约》有关组织的要求，也开展了一些主要针对附录二物种的专项调查。1994 年，国家濒管办组织国家濒科委对小熊猫(*Ailurus fulgens*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、麝（*Moschus* spp.）、滑鼠蛇（*Ptyas mucosus*)、费氏叶猴（*Trachypithecus francoisi*)、黑熊(*Selenarctos tibetanus*)等物种进行了资源调查。国家濒科委也根据《公约》的需要积极筹措资金，协助开展与《公约》有关的课题。在国家濒科委的积极支持下，中国环境与发展国际合作委员会生物多样性工作组于1996 年资助了药用动物可持续利用调查和中国与周边国家野生动物贸易调查。办公室承担了中国环境与发展国际合作委员会生物多样性工作组“主要动物药材利用现状评估”课题。国家濒科委部分工作人员承担和完成了中国科学院“八五”重大项目——生物多样性信息系统濒危物种数据库的子课题。这项数据库收录国家重点保护和附录物种500 多个，设分类学、分布、种群现状、致危因素、人工繁殖、文献索引等18 项条目，是中国科学院有关濒危物种方面的第一个信息系统。

我国有关机构与国际组织也合作开展了一些与《公约》有关的一些课题。在国家濒科委的支持下，我国专家与美国有关机构合作开展了《公约》秘书处资助的豹猫调查。《公约》秘书处还委托国家濒管办与英国皇家植物园合作进行兰花生物学和贸易现状调查。

为执行《公约》，保护濒危物种，我国开展了多方位的国际合作。我国于1987 年与美国内政部签署了《中美自然保护议定书》，其中就有为履行《公约》加强合作的专门内容，160 多人次进行了互访。1995 年3 月，我国与

印度签订了《中印老虎保护协议书》。同年10月，林业部组织召开了“亚洲部分国家和地区控制非法野生动植物贸易研讨会”，21个国家和地区代表参加会议。会议签订的《北京声明》体现出我国加强野生动植物贸易控制的决心，为进一步协调与周边国家贸易控制措施奠定了基础。随后我国与越南政府代表签订了《双方合作控制边境非法贸易备忘录》，促成中越管理机构人员互访。俄、中、日、韩四国也召开了野生动植物贸易控制会议。国际合作实现了互通有无，增进了相互了解，为更好地保护野生动植物资源发挥了重要作用。

参考文献

蒋志刚等主编：《保护生物学》，浙江：科学技术出版社，1997。

《中国生物多样性国情研究报告》编写组：《中国生物多样性国情研究报告》，北京：中国环境科学出版社，1998。

Willem Wijnstekers：*The Evolution of CITES*. 4th Ed. International Fund for Animal Welfare (IFAW)，1995。

（郭寅峰）

国家“863”高技术计划生物技术领域

(Bio-Technology Field , State “863” High Technology Project of China)

“863”生物技术领域正式启动是1987年春天。国家科委委托中国生物工程开发中心组织国内生物技术专家起草生物技术领域的“863”高技术计划。参加起草计划的专家有：侯云德、沈培奋、王亚辉、王家槐、朱守一、贾士荣、董志伟、陈章良、李宝健等。中国生物工程开发中心主任刘永晖组织领导这一工作。谈家桢、朱既明、施履吉等对“863”生物技术领域的战略部署做出宝贵的贡献。徐成满、陈受宜、顾孝诚、丁勇等也为计划的制订和组织实施做了大量的工作。这里应特别提起的是侯云德，他连续担任三届“863”生物技术专家委员会的首席专家，在计划的制订和实施中发挥了重大的作用，做出了卓越的贡献。

“863”生物技术计划根据有限目标、突出重点的精神，确定了三个主题：一、高产、优质、抗逆动植物新品种；二、新型药物、疫苗和基因治疗；三、蛋白质工程，共100多个课题，参加单位约200个。在“八五”期间，根据国际生物技术发展的趋势和“七五”期间组织实施的经验，对专题与课题进行了重点调整，选择了5个重大项目和12个专题项目。在重大项目中，重大关键技术项目有两系法杂交水稻技术，抗虫棉花等转基因植物，恶性肿瘤等疾病的基因治疗技术；重大成果转化项目有两系法杂交水稻中试开发和基因工程多肽药物中试开发。专题项目包括：转基因植物，农业微生物工程，动物生物技术，农业生物技术的应用基因研究；重组疫苗，基因工程药物，抗体工程，肝炎、恶性肿瘤和心血管疾病的生物技术治疗，医药生物技术应用基础研究及蛋白质工程等。

“863”生物技术领域计划，经过十几年的实施历程，取得了重大的成绩和进展，有一批重大成果和技术达到国际先进水平。从总体看，“863”生物技术领域取得了重大的成就，它和国家生物技术攻关计划一道推动了我国生物技术研究、开发和产业化的进程，使我国生物技术在国际生物技术领域占有一席之地。

“863”生物技术计划的主要进展和重大成果有：

1. 两系法杂交水稻　在原杂交稻的基础上增产10％～15％，奠定了大面积推广的基础。两系法水稻杂交优势的利用是我国首创，

十几年来取得了举世瞩目的成就。N5047S是国内外最早用于生产的两系法不育系。在水稻两系法亚种间的杂种优势利用方面也取得了突破性进展，共选育出光敏核不育系23个。两系法品种间及亚种间杂交稻在20世纪90年代中期累计种植面积已达5 200 ha。1996年开始实施“超级稻计划”，这项研究走在世界前列。

2. **基因工程抗虫棉花研究取得重大突破** 我国学者不仅人工合成了多个苏云金芽孢杆菌Bt杀虫蛋白基因，还在此基础上构建了多种单价基因和双价基因的高效表达载体，并成功地将其导入棉花，获得了一批转基因棉花株系，已选出优良株系15个，成功进行大田试验，即将在生产中推广应用。该项研究已达国际先进水平。

3. **转基因动物技术在某些方面已达国际先进水平** 已获得生长激素转基因猪的第二、三、四代猪215只，49只乳腺特异表达外源基因的转基因羊。首批转基因羊乳汁中分泌生长激素的含量达400 mg/L。育成生长激素转基因鱼约1 000多尾，其生长速度比非转基因鱼快10%～50%，已生产出F_1～F_5代转基因鱼约10万尾，为商业性开发提供了前景。

4. **基因工程多肽药物研制在跟踪的基础上有所创新** 我国已有包括外用注射用人基因工程α1b型干扰素、注射用基因工程α2b型干扰素、基因工程白细胞介素-2及基因工程人γ型干扰素等5种自主开发的基因工程药物投放市场。还有“863”计划支持的十几种新型基因工程药物进入临床试验或临床前开发阶段。其中人α1b型基因工程干扰素具有自己的知识产权，获1993年国家科技进步一等奖，并已进行商品化生产。

5. **基因治疗技术已获得可喜成果** 从1991年起复旦大学遗传学研究所先后对4例B型血友病患者进行了基因治疗的I期临床试验，取得了安全、有效的结果。脑恶性胶质瘤基因治疗已进入I期临床试验。

6. **抗体工程进入临床试验** ^{131}I-Hab18肝癌单抗已于1995年通过新药评审，进行肝癌病人放免显像诊断，显像率达90.6%，肿瘤定位的最小直径为0.5 cm，在此基础上进行导向治疗，初步结果表明有效率达69%。这是我国批准的第一个用于肿瘤病人体内导向药物治疗。

7. **蛋白质工程** 十几年来我国科学家已掌握了有关蛋白质工程的全套技术，还对胰岛素、尿激酶原、凝乳酶、葡萄糖异构酶、蛋白酶抑制剂、金属硫蛋白、天花粉蛋白、胰蛋白酶、枯草杆菌蛋白酶、抗体酶等进行结构与功能的研究，制成一批有应用前景的突变体。此外，还建立了较为系统的分子设计相关技术。

8. **生物技术基础研究也取得一批创新成果** 我国学者已克隆了人、动植物的近400个新基因，其中已有十几个已阐明了功能；完成我国天坛株基因组196 kb的全基因组测序。

在“863”生物技术领域计划的实施过程中，参与“863”科技人员约2 000人；在“863”成果的中试和产业化过程中，又培养了约1 000人的从事新生物技术产品生产的工程技术队伍。

参考文献

中国生物工程开发中心、生物技术领域专家委员会：《中国生物技术的崛起》，1996。

（翁延年）

中国的IGBP（IGBP in China）

国际地圈生物圈计划（IGBP）是全球变化研究的四大科学支柱计划之一，素有“超

级科学计划”之称。国际地圈生物圈计划萌芽于1982年8月在美国马萨诸塞州Woods Hole召开的专题讨论会。在此次会上首次讨论了“地球的可居住性”及“自然因素和人类活动引起的地球生命支持能力的变化”问题，发动了全球变化的科学讨论。同年冬，美国物理、数学和资源学国家研究会主席H. Friedman在国际地球物理年(IGY)25周年年会上提出了“国际地圈生物圈计划(IGBP)”，号召全世界科学家组织起来，致力于地圈、生物圈及其与人类相互作用的研究。

我国是IGBP的积极支持者，曾先后多次派员参加了IGBP的各种科学组织和规划活动。大气科学家叶笃正早在1983年就提出要把气候变化作为IGBP的核心问题来研究，1988年我国又提出土地利用可能是人类诱发的全球变化的主要表现形式之一。这些建议都在IGBP计划中得到了较好的体现。

1986年12月，在中国科协的支持下，中国科学院组织了“全球变化的研究讨论会”，交流了对IGBP的看法，并就怎样组织中国的全球变化研究，成立IGBP中国委员会等事宜进行了讨论。1987年成立了一个以叶笃正为首的、由22人组成的调研小组，系统地开展了国内外调研。与此同时，中国科学院还开展了中国全球变化的预研究。该项研究就我国的知识现状和工作基础进行了总结评述，在已有的资料基础上，从我国土地和水体利用的角度出发，总结分析了过去数千年中国生存环境的变化，并结合重大的全球变化事件，探索控制全球变化的主要因子和相互作用过程，认识中国在全球变化中的地位和作用，进而提出全球变化的研究内容和课题。

1988年5月，经中国科协批准，成立了IGBP中国委员会(CNC－IGBP)，由叶笃正任主席，马世骏、王仁任副主席，孙枢任秘书长，委员由来自15个学会和7个部委的代表共25人组成，正式开始了全球变化的研究。1991年CNC－IGBP换届，叶笃正连任主席，宋健任名誉主席，邓楠、刘恕、孙鸿烈任副主席，陈泮勤任秘书长，委员增至36个，下设四个工作组，即气候—植被相互作用研究工作组、过去的全球变化研究工作组、遥感在全球变化中的应用工作组和海岸带陆海相互作用研究工作组。1996年5月，陈宜瑜当选为第三届CNC－IGBP主席，邓楠、孙枢、刘恕、秦大河任副主席，陈泮勤连任秘书长，委员37人。工作组扩大到八个，即：气候模拟工作组(CHINA－GAIM WG)、水循环生物学工作组(CHINA－BAHC WG)、全球变化与陆地生态系统工作组(CHINA－GCTE WG)、土地利用与土地覆盖变化工作组(CHINA－LUCC WG)、海岸带陆海相互作用/联合全球大洋通量研究工作组(CHINA－LOICZ/JGOFS WG)、过去全球变化工作组(CHINA－PAGES WG)、青藏高原与全球变化工作组(CHINA－TGPC WG)和遥感在全球变化中的应用工作组(CHINA－RS WG)。此外，在第三届CNC－IGBP内，新设立了由叶笃正等10名院士组成的全球变化科学顾问委员会，以加强对IGBP的学术指导。

CNC－IGBP的主要任务是：代表我国参加IGBP的有关活动，推动并协调国内各有关单位开展全球变化的研究和学术交流活动，为国家的资源管理提供科学咨询服务，协调有关部门进行该领域的国际合作论证。

中国全球变化的主要目标是研究在全球变化的背景下，中国生存环境的变化趋势、影响和对策，为国家环境保护政策、环境外交提供科学依据。

按照上述目标，CNC－IGBP进行了大量的工作，以推动我国的全球变化研究。目

前，我国的全球变化研究分三个层次进行。

1. 中国的全球变化核心项目。它主要指由国家一级支持的、直接从事全球变化研究的项目，是我国对IGBP贡献的主要部分。

2. 重大项目。主要指由部委一级支持的与全球变化密切相关的重大项目，它也是我国对全球变化研究贡献的一部分。

3. 相关项目。属于该类的研究项目规模较小，与全球变化有松散的关系，研究资金一般由多渠道筹集，大多数都能为全球变化研究做出一定贡献。

参考文献

国家自然科学基金委员会：《全球变化：中国面临的机遇和挑战》，北京：高等教育出版社，施普林格出版社，1998。

陈泮勤：全球变化研究——一个新的国际前沿科学计划，《第四纪研究》，1990。

陈泮勤，马振华，王庚辰译：《地球系统科学》，北京：地震出版社，1992。

IGBP Secretariat：*The International Geosphere — Biosphere Programme：A Study of Global Change*. IGBP Report No. 12. IGBP，1990。

（陈泮勤）

中国自然保护纲要 (National Programme of Nature Conservation in China)

中国建设部（原城乡建设环境保护部）1983年5月发出“关于编写《中国自然保护纲要》(简称《纲要》）的通知”。同年成立了编委会和学术顾问委员会。许涤新任主任委员，叶如棠、何康、马世骏、曲格平任副主任委员。在编委会的领导下，共组织30多名自然保护方面的专家，历经3年于1986年5月完成了报审稿。1986年12月23日在国务院环境保护委员会第八次会议讨论通过。1987年5月22日国务院环境保护委员会向全国各有关部门发出通知，要求各部门参照施行。

《纲要》共分4篇，19章。第一篇分三章，说明编写《纲要》的目的、作用和意义，阐述自然保护同国民经济发展的关系及自然保护的有关概念和理论基础，特别着重阐述了自然资源、自然环境、自然保护三个最常使用的术语的含义，提出作为自然科学与社会科学桥梁的生态学，今天已成为自然保护事业的理论基础。

第二篇阐述主要保护对象，共分十章。分别对中国的土地资源、森林资源、草原和荒漠及其物种、陆地水资源、河流湖泊和水库、海洋、矿产、资源 、矿产资源、大气等的基本情况，进行概括描述，提出上述多种资源所存在的问题及应采取的主要对策。

第三篇区域性的自然保护，分两章。一是根据热量、降水、地形地貌、植被等自然条件和自然保护要求的差异，将全国分八大区域，分别阐述了各区的自然环境的基本特点、存在问题以及应采取的主要对策，为各大区域的自然保护提供了科学依据。二是专设一章，阐述了我国自然保护区的现状、存在问题、自然保护区规划原则及加强自然保护区建设的基本对策。

第四篇就一般性对策进行了阐述，提出自然保护的技术经济对策，自然保护法规，自然保护的宣传、教育和科学研究，自然保护的国际合作。

该《纲要》是我国第一部较为系统的、在保护环境和自然资源方面具有宏观指导作用的文件，具有较高的科学性和知识性，同时又是普及自然保护知识的良好教材。

（王　晨）

中国生态系统研究网络 (Chinese Ecosystem Research Network，CERN)

由中国科学院所属的29个生态系统定

位研究站(其中农田站16个,森林站7个,草地站2个,湖泊站2个,海湾站2个),水分、土壤、大气、生物和水域生态系统5个数据分中心和1个综合研究中心组成的生态系统长期监测和研究网络,是在孙鸿烈的积极倡导和直接领导下,在中国科学院和国家有关部门的支持下,从1988年开始建设的,1988～1992年为总体设计阶段,1993～1997年为建设阶段,1998年初步建成并投入运行。建设该网络的主要目的,是为了在区域及区域以上尺度解决中国生态、资源、环境方面的问题,并发展生态学及相关学科。中国科学院所属的21个生物学和地学方面研究所的近千名科技和管理人员先后参与了这一工作。CERN的长远目标是:以地面网络式观测、实验为主,结合遥感、地理信息系统和数学模型等手段,实现对我国主要类型生态系统和环境状况长期、全面的监测、研究和预测,为改善我国的生态系统管理状况和生存环境提供科学依据和示范样板,进而为我国的食物安全和农业可持续发展,并为促进科学发展做出积极贡献。CERN的任务是:监测,即按统一规程对我国主要类型农田、森林、草地、湖泊和海湾生态系统的重要生态过程及水分、土壤、大气等环境因子进行长期监测;研究,即全面、深入地研究我国主要类型生态系统的结构、功能和动态特征及优化管理的途径和方法;示范,即为各站所在的地区提供高产、高效、多功能和可持续农业生态系统的优化经营示范样板。CERN的核心研究领域是:生态系统生产力形成机制和可持续性、生态系统退化机制及恢复重建的对策、生态灾害监测及早期预警、生态系统水分循环和水分平衡的地理分异规律及调控对策、生态系统能量平衡与能量流动的地理分异规律及调控对策、生态系统营养元素的生物地球化学循环及调控对策、生态系统优化管理和配套技术体系、农业资源潜力与开发对策、生态环境变化趋势及对策、生物多样性及其与人类活动和环境变化间的关系、生态系统对全球环境变化的响应和影响,以及人口—资源—环境与社会经济可持续发展间的关系等。目前,该网络已成为我国从事生态学、资源科学和环境科学研究以及人才培养的重要基地,并已成为全球生态、资源、环境监测和研究系统的一个重要组成部分。

(赵士洞)

中美合编 *Flora of China* (*Flora of China* Cocompiled by Chinese and American Experts)

中国国土辽阔,植物种类十分丰富,高等植物有3万多种,是世界上植物种类最多的国家之一。《中国植物志》不仅是国内而且是国际上植物分类学家不可缺少的重要参考书。因此,国外学者对将《中国植物志》翻译成英文版很感兴趣。1978～1979年,美国纽约植物园和密苏里植物园先后提出与中国学者合作翻译《中国植物志》。王伏雄访问美国后,将美方的意向向中国植物志编委会汇报,植物志编委会征求国内植物界的意见,得到了广大分类学家的赞成和支持。经中国科学院批准,于1988年10月8日在美国圣路易斯密苏里植物园,由中方代表吴征镒,美方代表Peter H. Raven,正式签订合作协议,合作期限15年,同时成立了*Flora of China*联合委员会。联合委员会于1988年10月在美国密苏里植物园召开了第一次会议,中方主席吴征镒、美方主席Peter H. Raven参加了会议。

联合委员会决定*Flora of China*共编写26卷。每年召开一次会议,讨论协调编研工作中的问题。目前参加*Flora of China*编研工作的还有英国、香港、台湾的学者。至1998

年底，已出版了15、16、17、18 四卷和第17卷的图版集。（戴伦凯提供资料）

（王　晨）

北京召开第19届国际昆虫学大会 (19th International Entomology Symposium Held in Beijing)

第19届国际昆虫学大会是国际昆虫学大会历史上规模最大的一次国际昆虫学学术交流大会，也是1992年以前我国承办的规模最大的国际学术会议。大会开幕式于1992年6月28日在北京人民大会堂隆重举行，约4 000人出席。分组交流与闭幕式在北京国际会议中心举行。大会于1992年7月4日闭幕。领导者有大会名誉主席朱弘复、大会组委会主席刘树森、大会组委会秘书长张芝利、大会集资委员会主席刘孟英、大会会程委员会主席刘友樵及一批国际著名昆虫学家。

本次大会聚集了本学科的国际权威学者，把握了本学科的前沿领域，围绕“昆虫与人类生存”主题，就人类生存、环境、农、林、医等方面的问题和有关生物学的高新技术领域开展讨论，提出了新的见解和建议。本次大会是主要学科发展的新的里程碑，起到了国际交流与合作的论坛作用，对提高昆虫学水平和推动昆虫学为人类服务等方面均有重要意义。

参考文献

张芝利，刘孟英：第19届国际昆虫学大会概况，北京，1993。

刘友樵：第19届国际昆虫学大会会程工作的经历和体会，北京，1993．2。

中国昆虫学会：参加第20届国际昆虫学大会的情况汇报，《中国昆虫学会通讯》，1997。

（李典谟）

中国水稻基因组计划 (The Chinese Rice Genome Project)

可与“曼哈顿”原子弹计划和“阿波罗”登月计划相提并论的美国“人类基因组计划”在1990年正式实施后，在国际上引起极大的反响。该项计划实施一年后，技术上有了长足的进步，研究对象也扩大到植物方面。我国科学家十分关注“人类基因组计划”，曾多次向国家科委提出建议并与美国该项计划负责人联系，探讨中国科学家参加该项计划的可能性。

1991年，国家科委召开了三次“植物基因图谱”座谈会。我国是有12亿人口的农业大国，也是世界上最大的水稻栽植国，约有一半人口以水稻为主食。鉴于这一国情和未来农业发展的需要以及当今国际上基因组研究的趋势，1992年8月21日趁在北京召开亚太地区生物（农业）技术会议之际，召开了“水稻基因组计划”新闻发布会。会议由国家科委惠永正主持，由“水稻基因组计划”专家组组长洪国藩做了“中国水稻基因组计划”报告。报告主要有以下几个内容：

1. *历史背景和意义*　水稻基因组研究是带动我国农业现代化的一项重要措施，其研究成果将用于培育高产、优质、抗逆的水稻新品种，为解决我国粮食问题做出贡献。同时，在这项研究中所获得的新概念，将促进人类对植物生命现象的理解。

2. *战略和任务*　这项计划的总目标是15年内完成水稻基因组作图和DNA顺序测定，最终要在DNA分子水平上搞清楚整个水稻基因组遗传结构。第一个五年计划的研究战略是：(1) 以功能与结构相结合的方式研究基因结构；(2) 以方法学的进展程度决定结构研究的规模；(3) 阶段成果用于水稻育种。

3. *领导和组织*　在国家科委领导下，成

立专家组领导这项计划。中国科学院受国家科委的委托，在上海成立“中国科学院国家基因研究中心”。此外，还成立了五个卫星实验室，它们分别在中科院遗传所、北京大学、华中农业大学、复旦大学和中国水稻研究所。

4. 国际合作　与国际上有关单位展开广泛的合作，相互交流，享受研究成果。

与会国内外专家听取了报告后，反响很大。第二天，*China Daily* 作了报道。之后，1992 年 *Rice Genome* 和 1993 年 *Science* 杂志上也相继报道了“中国水稻基因组计划”。我国实施“水稻基因组计划”引起国内外科学界的关注。

（林志春　洪国藩）

《生物多样性公约》及中国的履约行动

(Implementing Actions on *Convention on Biological Diversity* in China)

生物多样性是人类赖以生存的基础，也是社会经济持续发展的基础。近百年来，由于人类活动的破坏，使生物灭绝的速度比自然灭绝的速度快1 000 倍，大量的物种遭到威胁或处于濒危状态。这一严重问题已引起各国国家首脑及民众极大的关注。为了保护和持续利用生物多样性，1992 年6 月3～14 日，在巴西里约热内卢召开了联合国环境与发展大会。会议通过了《生物多样性公约》，简称《公约》。中国是生物多样性特别丰富的国家，据统计，中国的生物多样性居世界的第八位。但是中国生物多样性受威胁、濒危甚至灭绝的程度也相当严重。为了表示对生物多样性保护的决心，我国总理代表政府于1992 年6 月11 日签署了《公约》，使中国成为《公约》第64 个签约国。《公约》于1992 年11 月7 日经第七届全国人民代表大会常务委员会第28 次会议审议并批准，并于1993 年1 月5 日递交批准文本。在世界上，我国是较早批准该公约的国家。自成为缔约国以来，中国政府在履约方面做了大量工作。

1. 各级履约机构的成立

1.1　国家《生物多样性公约》履约协调机构　1993 年初经国务院批准，由国家环境保护局牵头，成立了国家履行《公约》的协调机构。参加单位有外交部、国家计委、国家科委、财政部、建设部、农业部、海关总署、中国科学院、国家专利局、国家海洋局、国家中医药管理局。1996 年6 月协调机构成员又增加了国家教委、广播电影电视部、公安部、国家工商行政管理局、新华通讯社、人民日报社、光明日报社等共20 个单位。协调机构下设履约办公室，地点设在国家环保局自然保护司。

1.2　生物多样性工作组　国务院环境委员会成立了国际环境与发展合作委员会，生物多样性工作组是其下设的工作组之一。中外各有一名专家担任主席，其任务是创设活跃的思想和工作经验交流论坛，提供一种机制与政府部门举行研讨会，使科学家与管理专家确认生物多样性保护的优先项目，引起决策者的关注，并提出有关生物多样性保护的见解，对政府所关注的问题提出建议。

1.3　中国科学院生物多样性委员会　中国科学院早在1990 年就已成立“生物多样性工作组”，在此基础上，1992 年初成立“生物多样性委员会”，统一协调中科院有关生物多样性方面的研究工作；协调与国内外有关单位的关系；组织出版系列专著、论文集、译丛以及组织全国性生物多样性学术会议及培训班。

1.4　高等学校生物多样性协调委员会　国家教委于1994 年成立了上述组织，任务是组织高校开展生物多样性研究、学术交流、教材编写以及对公众宣传和教育等活动。

2. 履行《公约》第6 条

根据对《公约》第6条保护和持续利用的一般措施的承诺，制订了《中国生物多样性保护行动计划》、《中国生物多样性国情研究报告》以及《中国生物安全国家框架》。三个报告都分别专题撰写了中国在生物多样性的保护和持续利用中起到的重要的作用。

3. 生物多样性的查明与监测

根据《公约》第7条，中国政府开展了大量的生物多样性的查明和监测工作。

3.1 查明 20世纪60年代以来，中国科学院和各大专院校的生物学家对全国范围的山地、平原、丘陵地区进行考察，积累了大量第一手资料和几百万份标本。出版了7卷《中国高等植物图鉴》，合计75卷的《中国植物志》（包括蕨类、苔藓、裸子植物、被子植物）于2004年前全部出版。《中国种子植物特有属》及如《云南植物志》、《西藏植物志》等一系列地方植物志均已出版。无脊椎动物物种丰富，但家底不清，查明难度大，尤其昆虫品种丰富，特有及珍稀种丰富，1949年记述的新种就有1万余种，但离查清还远远不够。脊椎动物数量已相对清楚。《动物志》出版14卷，《中国哺乳动物名录》、《中国鸟类大纲》等均已出版。微生物尚未全面清查，对放线菌、*Frankia*及根瘤菌类等具有生态意义、经济价值或社会效益的原核微生物有较系统的调查。此外，《中国植物红皮书》、《中国濒危动物红皮书》（4卷）都已出版。对中国植被类型已基本查明，已出版有《中国植被》、《中国植被地理》及一系列地区性植被专著。动物方面常以种群为单位进行研究。沿海岛屿及西沙、南沙群岛等生物多样性方面已有专著。

3.2 监测 林业部门为生产需要曾建立森林的监测样地，可用于生物多样性的监测。海洋立体监测网络也已初步建立。中国科学院生物多样性委员会与其他部门合作，利用中国科学院的生态系统定位站与国家级自然保护区建立生物多样性监测样地。目前已统一了建立监测样地的方法和监测的指标体系，并利用遥感技术对生态系统多样性和景观多样性作全面监测。

4. 就地保护

为贯彻《公约》第8条的“就地保护”精神，由国家环境保护局和国家计委主持，会同国家有关部门编制了《中国自然保护区发展规划纲要》（1996～2010），总目标是建立一个类型齐全、布局合理、面积适宜、建设和管理科学、总数达到1 200个左右的全国性自然保护区网络。自然保护区中自然生态系统类至1997年底为928个，约占国土面积7.64％，野生生物类保护区数量为113个，自然遗迹类保护区数量为14个；台湾省有42个，共计970个。

5. 迁地保护

为履行《公约》第9条“迁地保护”的承诺，采取了以下的行动。

5.1 植物园和动物园 设立植物园（树木园）是植物多样性及濒危植物迁地保护的重要途径。全国植物园（树木园）的总数约110个，分属各省市园林部门、大专院校及中国科学院。栽培珍稀濒危植物及其他植物1.6万～1.8万种，占中国植物区系的53％～60％；属红皮书中公布的种类约300种。有些植物园还建立了分类群专类区。

5.2 动物园及濒危动物的繁育中心 动物园既是动物学的重要研究基地，也是珍稀濒危动物迁地保护场所。目前动物园总数在40个以上，在公园中附设的小型动物展区合计约175个。动物园对大熊猫等10余种珍稀濒危动物的饲养繁殖方面取得很大的效果，但饲养繁殖主要基地在濒危动物繁育中心。安徽扬子鳄繁育研究中心已使扬子鳄由野生不足500只繁殖种群超过5 000只。麋鹿

20世纪80年代由英国引回后，在北京麋鹿苑等三个基地个体数量大量增加，这些都已作回归自然的准备。

5.3 种质资源库及离体保存 我国已建立了种子库、菌种库以及离体保存的细胞库、精液库和胚胎库等，以保存生物的遗传多样性。如农业部在北京建立了一个容量达40万份长期作物种质资源库，全国各地中期保存库有27座。

6. 研究和培训

这是履行《公约》第12条的重要方面。

国家科委发布的中、长期科学和技术发展的国家规划（1990—2000—2020）中，很多项目与生物多样性保护有关。

“八五”期间中国科学院支持的重大项目“生物多样性保护与持续利用的生物学基础研究”以及由国家科委资助的攀登计划“生物多样性保护的生态学基础研究”和由国家自然科学基金会资助的“中国主要濒危植物保护生物学研究”三个大项目，都是由中国科学院的科学家主持，不少大专院校及科研单位的科学家都参加了这些项目，在人类活动对生态系统多样性影响、片段化热带雨林中岛屿效应研究及其影响规律、野生动植物遗传多样性研究、濒危动植物物种保护生物学及种群生存力分析、濒危植物种群结构与动态模型研究以及濒危植物生殖生物学特性研究等方面开展了研究。圆满完成后，发表了大量论文，还出版有下列几本专著：《中国动植物的遗传多样性》（胡志昂、张亚平主编）、《人类活动对生态系统多样性的影响》（陈灵芝、王祖望主编）、《中国重点地区与类型生态系统多样性》（马克平主编）、《物种多样性研究与保护》（宋延龄、杨亲二、黄永青主编）、《保护生物学》（蒋志刚、马克平、韩兴国主编）以及《遗传多样性研究的原理与方法》（季维智、宿兵主编）。高等院校在大熊猫生殖生理和遗传多样性、濒危水生植物保护生物学、濒危鱼类细胞遗传学、红树林生态学及沼泽、湿地生态学方面取得不少成果，并有地区性和专门类群的生物多样性著作的出版。这些著作对中国生物多样性保护、特别是自然保护区建设具有重要的指导作用。

7. 公众教育

根据《公约》第13条，中国政府做了大量公众教育与宣传工作。中央电视台多年来开设的“动物世界”与“人与自然”节目，深受群众欢迎。1999年由中央电视台与国家科委摄制的大型电视系列片“让生命永存——生物多样保护与可持续发展”的多次播放，使公众受到深刻的保护生物多样性的教育。《中国环境报》、《中国林业报》、《中国海洋报》经常对生物多样性保护、森林资源和野生动物保护及海洋资源和海洋环境保护作广泛宣传。国家环保总局、林业局及海洋局每年都在“国际生物多样性日”、“世界海洋日”、“爱鸟日”等节日组织活动。地方政府和中国科学院有关研究所深入生物多样性丰富但相对落后的少数民族地区进行公众教育，云南高黎贡山地区群众组织起第一个群众性的生物多样性委员会，对保护当地的森林和野生动物进行教育。

8. 生物多样性信息系统的建设

1991年开始，中国科学院已开始了中国生物多样性信息系统（CBIS）的建设。物种编目数据库等32个生物多样性数据库中有25个已上网；开发完成的应用软件有数据质量监控软件，植物标本、浮游生物和海洋生物采集系统和植物园管理信息系统等等。国家环保总局与中国科学院于1997年还共同完成了联合国环境规划署组织的生物多样性数据管理（BDM）项目的一个前期研究项目——生物多样性信息资源编目。

（钱迎倩）

中国人类基因组研究进展（Progress of Human Genome Research in China）

人类基因组计划（Human Genome Project，简称HGP）于1990年在美国正式启动，随后有英、日、法、德和中国等国家先后加入，成为一个国际性科学合作计划。HGP的主要目标是完成总数为30亿碱基对的人基因组DNA全序列测定，从而在此基础上识别出人体内所有基因的结构和功能，系统、全面地解读人类遗传物质的全部信息，揭示生命的奥秘。

HGP是人类文明史上最伟大的科学创举之一，它与"曼哈顿"原子弹计划和"阿波罗"登月计划齐名，被称为当代三大科学工程。然而，HGP的影响将远远超过前两个计划，是自然科学史上最令人振奋的事件。

我国的人类基因组研究是在国家自然科学基金资助下，于1994年正式启动的。"九五"期间，国家高技术发展计划（简称"863"计划）、国家自然科学基金重点资助了该项研究，同时国家重大基础研究规划项目、中国科学院创新工程与上海、北京等地方政府也积极资助。近年来，还有一些企业或私人投资者投资国内的基因组研究。现在除大学和研究机构外，少部分国内民营企业和外国独资的公司也从事基因组研究和开发工作；项目间的国际合作也在增加。

当前，我国的人类基因组研究主要着重于两个方面：一是基因组的大规模序列测定；另一方面是疾病相关基因以及重要生物功能基因的结构和功能研究，包括了高通量、规模化技术平台和新方法的建立。现将国内的人类基因组研究进展简要介绍如下：

1. 人类基因组测序正式加入国际合作计划，在如期完成工作框架图的基础上，进入全序列测定的最后工作阶段

人类基因组计划原定用15年时间，到2005年完成人基因组DNA全部序列的测定工作。1998年5月，美国G. Vanter博士领衔的Celera公司，提出将在2001年提前完成人基因组全序列的测定，在全世界引起了很大反响。为此，由美国国立卫生研究院（NIH）人类基因组研究所牵头，由政府部门资助的人类基因组计划召开了国际合作者会议，于1998年10月提出了1998～2003年的新目标，即提前两年完成全序列测定。至今，人类基因组大规模测序已取得突破性进展。1999年12月初英国的《自然》杂志刊登了Dunham等216位科学家联合署名的人22号染色体DNA序列的学术论文，这是人类第一次公布自身体内一条完整染色体上的全部遗传信息；2000年5月日本和德国的科学家联合完成了人21号染色体的序列测定；6月26日，参与人类基因组国际合作计划的各个国家同时间宣布工作框架图完成。在美国，NIH人类基因组研究所所长F. S. Collins博士与Celera公司总裁G. Vanter博士为此举办了共同的发布会。

我国在1999年提出参加HGP国际合作计划。经中国科学院遗传所杨焕明教授等的积极努力，同年9月在英国举行的第五届国际人类基因组战略会上，正式确认和分配了中国承担的人类基因组测序的工作区域和工作量，即3号染色体短臂自标记D3S3610至端粒（ter）区段约3千万个碱基对（30 Mb）的全序列测定，简称其为"1%测序任务"。在杨焕明教授为首的七人项目执行小组的领导下，经中国科学院遗传所人类基因组中心以及国家人类基因组南方、北方两个研究中心三方科学技术人员的共同努力，按国际合作计划规定，于2000年6月如期完成框架图工作。我们实际投入的反应数为

65.3万个，是原计划的131%；序列覆盖面积为27.5 Mb，达到规定区域的90%以上，其中约50%满足了“完成图”的测序量要求。在5月10日国际HGP第七次战略会议上，我国的工作即“北京中心”被列人工作框架图完成好的前六个中心。中国科学院遗传所人类基因组中心承担了大部分工作，任务完成出色。三个基因组中心分区包干，精细分工，团结合作，确保了最终序列图于2001年8月底完成。

2. 微生物基因组测序工作进展顺利，与重要资源相关的生物体基因组的研究正在陆续开展

由预防医学科学院病毒所承担的痘苗病毒天坛株基因组(196 kb)全序列测定是我国国内最早完成的一种病毒基因组DNA测序工作；1999年国家海洋三所、国家人类基因组北方研究中心、上海基康公司和中国生物工程开发中心协作完成了我国对虾白斑杆状病毒基因组(305 kb)全序列的测定。我国在国际公共数据库首先注册测序的微生物基因组是痢疾杆菌(*Shigella flexneri 2a*)，项目由卫生部微生物基因组中心牵头，参加单位有预防医学科学院病毒所、流行病所，北京医科大学，上海医科大学，华北制药集团等，国家人类基因组北方研究中心主要承担其DNA序列的全部测定任务。200年底绘就了整个序列图。

在数据库注册的微生物基因组还有钩端螺旋体(*Leptospira*)和表皮葡萄球菌(*Staphylococcus epidermidis*)，这是由国家人类基因组南方研究中心与中国科学院上海生命科学研究院、预防医学科学院流行病研究所以及上海医科大学等单位合作的项目，国家人类基因组北方研究中心参与了钩端螺旋体基因组的部分测序工作。目前，该基因组的测序工作已基本完成，并同步启动了其功能的研究。

中国科学院遗传所、微生物所、生物物理所协作的嗜热菌基因组全序列测定已告完成。黄单胞菌是在十字花科植物中传播广泛的一种致病微生物，广西大学，国家人类基因组南方、北方两个中心及中国科学院微生物所协作承担的基因组全序列测定工作也已基本完成。

中国科学院遗传所人类基因组中心暨华大基因公司近期宣布启动杂交水稻、家猪等重要资源的基因组项目；血吸虫病是我国南方传播较广、危害甚大的寄生虫病，血吸虫基因组研究正受到重视。

3. 疾病相关基因的研究取得了显著的成绩，发现了一个新的神经性耳聋致病基因，白血病相关基因功能研究进展突出

(1) 神经系统等遗传病相关基因的研究

湖南医科大学医学遗传学国家重点实验室课题组克隆了编码人类间隙连接蛋白质β-3(*GJB*3)的基因，该基因是*connexin*家族的一员，其定位于人类染色体1p33—p35区域。进一步的突变检测，显示高频耳聋家系中患者的*GJB*3基因的一个错义突变和一个无义突变；此外，通过RT-PCR，证明*GJB*3在小鼠内耳组织中的表达。这些发现显示*GJB*3突变可能是双侧性高频耳聋的致病基因。该项研究的论文已发表于1998年12月的*Nature Genetics*上，杂志为该论文撰写了专门的评述。最近实验表明，应用酵母双杂交方法，GJB3与P11蛋白有明显的相互作用。

此外，在GenBank已登陆的、包括了外生性骨疣致病基因在内的神经系统遗传病相关基因有*OPHN*-1 *like*，*Quaking*，*DDP-LIKE*，*HNKA*，*HCH*，*HC*1，*HC*3等；在完成家系调查后，经基因组扫描，将遗传性弥漫性浅表性光敏性汗孔角化症致病基因精确定位于人染色体12q23.2—24.1区域的两

个标记 D12S1727 和D12S1605 之间；通过家系分析，A1 短指症的致病基因被定位于2q23－q26 之间；视网膜色素变性症、乳光牙等致病基因以及典型儿童失神癫痫易感基因的定位与克隆工作正在进行。国内还建立了人类单基因病定位、克隆数据库以及神经系统遗传病家系、病检组织与器官保存库。

应用酵母双杂交技术研究早老性痴呆、帕金森病分子机理，早老蛋白 Presenilin2 (PS2)－PS2 同源蛋白的相互作用和 PS2－PS1 相互作用，并提示早老蛋白NTF 与CTF 间直接的相互作用可能参与和有助于早老蛋白的装配和成熟。

（2）白血病相关基因分离克隆与功能研究　完成了在我国发现的两个白血病相关基因*PLZF*（201 kb）及*EEN*（45 kb）基因组水平上的全序列测定，确定了它们的外显子－内含子结构，并识别了其5′调控序列；对这两个基因参与白血病特异染色体易位的结构和功能的基础研究，获得重要进展；建立了两种与人白血病有相近表型的白血病融合基因*PLZF－RAR* 和*NPM－RAR* 的转基因小鼠，开展其功能的研究，确认了融合基因的致白血病作用及基因型与表型的关联性。这些结果已分别发表于 1999 年 5 月和 9 月的 *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 杂志上。另外，通过cDNA 阵列及减数文库等方法自急性早幼粒细胞白血病（APL）细胞株克隆了12 个受分化诱导剂全反式维甲酸(ATRA)调控的新基因；识别了由163 个基因参与的一个精细、和谐的ATRA 分子调控网络，从而为全面阐明ATRA 诱导白血病细胞的分子机制做出了贡献。论文发表于*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*、*Blood* 和*Oncogene* 等国际学术刊物。

（3）肝癌、鼻咽癌、食管癌等肿瘤相关基因研究　完成了 60 例肝癌患者全基因 LOH/AI 扫描和扩增区的精细定位，用17p 与肝癌相关靶区位点的标志，建成了BAC 连续克隆系，进行了大规模测序，并在该区域分离肝癌相关基因；另外，分离了肝癌与癌旁组织近35 000条EST 序列，建立了容量为 14 000个克隆的cDNA 阵列，获得了一批在肝癌与癌旁组织表达有差异的cDNA，应用大规模癌细胞克隆形成抑制试验及原位杂交技术筛选肝癌相关的 cDNA；建立了含有 18 000个克隆的cDNA 阵列，并应用于肝癌发生与发展相关的候选基因的筛选；克隆了一些在肝癌细胞中表达上调（例PEMT2）或下调（例小GTPases）的基因。

在鼻咽癌相关基因研究中，对 93 例低分化鼻咽癌患者进行了全基因组扫描，并对部分样本进行了比较基因组杂交（CGH）验证，发现3p 和9p 的LOH 频率较高，并发现 6q25.3 的位点，若干位点的精细定位正在进行；还克隆了多个相关基因的全长cDNA；收集了86 个广东人鼻咽癌家系的外周血样本，经连锁分析发现 4p 的某区域与鼻咽癌易感基因连锁。在食管癌方面，开展了癌细胞发生、发展过程中基因表达谱的研究，筛查其相关基因；国内在胃癌、大肠癌等相关基因研究中，也获得良好进展。

（4）多基因病相关基因的研究　应用微卫星标记，对原发性高血压核心家系和患病同胞对进行全基因组扫描，发现了8 个与原发性高血压紧密连锁位点，从对2 号染色体上相应位点的精细定位，表明在D2S132 至 D2S2370 之间的14cM 区域内存在与高血压相关基因，对该区域内9 个候选基因进行了测序，寻找其相应的单核苷酸多态性标记(SNPs)；同时，开展了隔离人群原发性高血压病人以及原发性低血压家系外周血样的全基因组扫描和高血压病候选基因的 SNP 检测；建立了与高血压相关的血压调控基因数

据库，并从cDNA着手，获得了数个与原发性高血压或其他心血管病相关的新基因（例*HRG*-1，*HCY*-2，*hhLIM*，*TFAR*-19等），还证明活化因子Ⅶ的活性增高，可能与冠心病患者发生心梗有关。

分别对中国的南方和北方人群的II型糖尿病患者及其家系或同胞对进行基因组扫描，发现了1、9、12、18、21染色体上与II型糖尿病易感相关的位点，对1号染色体的位点进行精细定位；研究工作还告知9q21区域显示有一个中国人群II型糖尿病的特有位点。

在神经管畸形的相关基因研究方面，除了进一步确认了甲基四氢叶酸还原酶（MTHFR）与疾病的相关性外，还发现了其在高半胱氨酸血症中的作用，并克隆到了一个受高半胱氨酸上调的新基因（*HCY*）。

开展了精神分裂症与躁狂抑郁症患者及其家系的样本收集、基因突变及多态性研究；在5-羟色胺受体与精神疾病关联研究中，发现该受体基因第二内含子VNTR区域多态性与中国汉族人群精神分裂症及抑郁症相关，与双相情感障碍无关。

（5）**重要组织、器官功能基因的大批量EST与cDNA克隆**　从造血干/祖细胞、下丘脑—垂体—肾上腺轴系统、心血管系统、胎脑、胎肝、睾丸等组织获得5万条以上新的EST，克隆了近千条来自造血、内分泌、神经、心血管、生殖系统、树突状细胞或与发育、分化及信号传导有关新基因的全长cDNA，例如：$CD34^{+}$造血干/祖细胞通过大规模测序克隆，获新基因全长cDNA达297个，下丘脑—垂体—肾上腺轴新基因全长cDNA 250个，心脏和血管表达的基因全长cDNA 100多个，胚胎期中枢神经系统发育相关基因50多个，以及一大批胚胎肝表达的基因和与信号转导、基因表达调控相关的基因。

（6）**建立遗传资源收集网络，加强资源的采集、保存和开发利用**　在卫生部科教司协助下，召开了有关遗传资源调查、采集的工作会议，确定了统一格式、方案和标准，初步建立了遗传资源收集网络和资源信息库的采集管理系统，并收集、保存了一批血样和组织样本。同时，还在建立西南、东北地区28个少数民族及南、北方两个汉族人群永生细胞株库的基础上，开展了我国多民族基因组多样性的比较研究，揭示了我国南北人群间的差异和关联，为深入开展基因组多态性研究奠定了坚实的基础。我国政府部门颁布了《人类遗传资源管理暂行条例》，有力地促进了互惠互利的国际合作，同时也遏制了中国遗传资源的非法外流。

4. 国内的基因组研究基地

在国家科技部，上海、北京两市的科委及高新技术开发区的支持下，分别在上海浦东张江高新技术开发区和北京经济技术开发区建立了国家人类基因组南方、北方两个研究中心，中国科学院在遗传所组建人类基因组中心以及早期在上海成立的专门从事水稻基因组研究的中国基因研究中心，标志着我国的人类基因组研究由各单位分散作业，逐步转入集约化、规模化、产业化阶段，有力支持了国内基因组的研究。近期在国内还出现了数个民营的研究所或公司加盟基因组的研究与开发，为国内基因组的研究注入新的活力。

5. 人类基因组相关的伦理、法律、社会问题的研究

人类的基因具有多样性，每个人的基因组因某些基因的细微差异而各具特色，并或多或少含有脆弱或不正常的基因，有可能带来不良后果。随便公开个人的基因组信息，会对个人的工作、生育和享受医疗保险等社会权利受到影响。人类基因组研究涉及了重大

的伦理、法律和社会问题，所以，基因组计划非常重视这方面问题的研究。

自1994年国内开展人类基因组研究起，就开始关注由人类基因组研究所引起的伦理、法律、社会等问题，当时成立了由中国科学院遗传所杜若甫教授为主任的中国人类基因组伦理、法律、社会问题委员会(HGELSIC)。杜若甫先生是从事人类群体遗传和生物多样性研究的著名专家。委员会的参加成员除从事基因组研究的人员外，还有吴汝康、吴旻等著名科学家。HGELSIC附属于中国遗传学会。委员会的现任（第二届）主任是中国社会科学院哲学研究所的丘仁宗，陈竺、杨焕明为副主任。丘仁宗曾任联合国教科文组织人类基因组伦理、法律、社会问题委员会委员。中国在该委员会的现任委员是杨焕明。

我国政府的有关部门设有医学伦理的专门委员会，但随着基因组研究的深入，只在中国遗传学会下附设HGELSIC是不能满足需要的，遂建议成立拥有权威性的国家级人类基因组伦理、法律、社会问题委员会，并开展必要的研究。

6. 展望

我国的人类基因组大规模测序工作参与了国际大合作，取得了很好的成绩。在模式生物体基因组测序方面，不仅洪国藩教授领导的水稻基因组的作图和测序工作参与国际合作，进展顺利，而且近年来在微生物基因组的研究上显示了很大实力。另外，科学家们结合了我国的特点和优势，在人类重要生物功能新基因以及致病基因、疾病相关基因的分离、克隆与结构功能研究方面，做了大量工作，取得了一批成果。但是，从整体来说，我国的基因组研究与国际上迅速发展的形势相比，还存在着相当的差距。现今，大规模测序、基因组扫描、cDNA阵列、基因芯片、SNP筛查等技术的不断完善，大批功能基因的蛋白结构和生物学活性研究以及蛋白质组学技术的逐步展开，生物信息学方法的推广应用，小鼠转基因和基因剔除技术成熟，注重新技术与新方法研究与发展，将推动我国基因组研究的进一步发展。人类基因组计划的主要目标即全序列的测定在2003年4月完成，标志着对人类基因组的结构认识进入到一个新的阶段。然而，全序列测定的完成仅是破译人类遗传奥秘的开始，今后的艰巨任务是蕴含在全序列信息中的遗传语言的破译，全部基因及其产物的生物功能的阐述，基因之间以及基因组与环境之间相互作用机制的研究，基因多样性、基因突变与疾病发生、发展机制及其防治的探讨等等。因此，人类基因组的研究将转入以功能研究为主体的阶段，同时包括基因组研究成果的开发与应用。

我国地大物博，地理环境差异大，丰富的动植物及微生物资源将为应用基因组研究技术开展特色生物资源的基因组测序、发掘新基因、改造生物体性状、创建新品种、发展我们的生物技术产业奠定良好的基础。就医学领域来说，众多的人口包含了大量的罕见或常见疾病的个体；民族众多，疾病谱广；待开发地区还保留着一批可供遗传多样性分析的家系聚集的群体，对开展以功能基因组学为重点的人类基因组的研究创造了良好的条件。只要从实际国情出发，充分发挥自己的优势，同时，注重国际及国内各单位之间的合作，加强团结协作，我们完全可以在21世纪为基因组学的研究和生命科学的发展做出更大贡献。

参考文献

Xia, J. H. et al.: Mutations in the gene encoding gap junction protein β-3 associated with autosomal dominant hearing impairment, *Nature Genetics*, 20

(4)：370～373，1998。

Chu，J. Y. et al.：Genetic relationship of populations in China，*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*，95 (20)：11 763～11 768，1998。

Cheng，G. X. et al.：Distinct leukemia phenotypes in transgenic mice and different corepressor interactions generated by promyelocytic leukemia variant fusion genes PLZF－RAR and NPM－RAR，*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*，96：6 318～6 323，1999。

Wang，G. et al.：Identification and characterization of receptor for mammalian hepatopoietin that is homologous to yeast ERV1，*J. Biol. Chem.*，274 (17)：11 469～11 472，1999。

Zhang，W. H. et al.：Segregation analysis of esophageal cancer in a moderately high-incidence area of northern China，*American Journal of Human Genetics*，67 (1)：110～119，2000。

Gu，J. et al.：Gene expression in $CD34^+$ cells from normal bone marrow and leukemic origins，*The Hematology Journal*，1：206～217，2000。

Liu，T. X. et al.：Gene expression networks underlying retinoic acid－Induced differentiation of acute promyelocytic leukemia cells，*Blood*，96 (4)：1 496～1 504，2000。

（强伯勤）

中国人类基因组计划 (Human Genome Project of China)

人类基因组计划 (Human Genome Project，简称HGP) 是人类认识自我的伟大科学工程，它的实施，将为21世纪生命科学和医药学发展奠定基础。计划的最终目标是测定人类基因组的全部序列，从而通过解读人类的全部遗传信息，阐明人类基因组及其所有基因的结构和功能，以揭开人体生命的奥秘。人类基因组计划首先在美国启动，英、法、德、日和中国等国家先后加入了人类基因组即23对染色体DNA大规模测序的国际合作计划。自1990年实施以来，整个计划已取得了突破性进展：2000年6月26日参加合作项目的各国于同一个时间正式宣布人类基因组序列工作框架图完成，测序工作进入绘制完整序列图阶段，其测序的精确度需达到99.99％。按1998年10月公布的经修订后的人类基因组计划的任务，除人基因组作图（遗传图、物理图）与全基因组序列测定以及测序技术的发展之外，计划还包括：人基因组序列变异体分析，如单核苷酸多态性(SNPs)；大肠杆菌、酵母、线虫、果蝇和水稻等模式生物基因组测序与比较基因组学研究；功能基因组学及其技术方法的发展、创新；生物信息学与计算机生物学；技术培训以及伦理、法律和社会相关问题的探讨等等。这些任务涵盖了较宽广的内容，展示了基因组研究的发展方向。

关于人类基因组大规模测序，经中国科学院遗传所人类基因组中心主任杨焕明教授等积极努力，我国于1999年9月被正式接纳加入国际合作计划，确认承担人3号染色体短臂自标记D3S3610至端粒（ter）区段、遗传距离为31.4cM的测序任务。其全长约三千万碱基对（即30 Mb)，相当于人基因组总长度30亿碱基对的1％。在国家高技术发展计划（简称“863”计划）和中国科学院创新工程的资助下，中科院遗传所人类基因组中心和国家人类基因组南、北两个研究中心共同承担了该项任务。项目成立了七人执行小组，杨焕明任组长，并成立了由国家科技部、中科院的有关部门以及“863”计划生物领域专家委员会参加的协调小组，许智宏任组长。项目聘请陈竺、李载平、强伯勤为科学顾问。我国的进展与国际合作计划同步，于2000年6月26日宣布如期完成该区域的工作框架图，2001年8月26日完成完整序列图。

我国的基因组研究最早始于洪国藩领衔

的水稻基因组。人类基因组研究正式启动于1994年国家自然科学基金资助的重大项目“中华民族基因组若干位点基因结构的研究”。为确保项目的实施，当时邀请国内著名的遗传学家谈家桢、吴旻任学术顾问，成立了以陈竺、强伯勤、褚嘉佑、杜若甫、陈仁彪、沈岩、邓汉湘和杨焕明等为成员的学术领导小组，并由杨焕明兼任秘书长，参加合作的单位有复旦大学，上海第二医科大学，湖南医科大学，哈尔滨医科大学，中国医学科学院基础所、肿瘤所、医学生物所，中国科学院遗传所，上海细胞所，昆明动物所、生物物理所，上海肿瘤所、医学遗传所等。随着项目到期结题，在“九五”期间国家自然科学基金又设立了“中华民族基因组结构与功能研究”和“蛋白质组、蛋白质结构的动态变化与生物学功能关系及其研究方法”两个重大项目以及数个相关的项目，扩大对基因组研究的资助。最初参与项目的一批研究单位和科学家构成了后来我国基因组研究的基本力量。

国家“863”计划自20世纪80年代末就陆续资助了有关基因组研究技术方法的建立工作，如染色体显微切割、“跳跃文库”等。受资助的有湖南医大夏家辉，复旦大学柴建华、余龙和上海第二医大陈竺等小组。“九五”期间，“863”计划生物领域依据我们的国情、研究基础、遗传资源丰富的特点，并结合生物技术的发展需求，设立了重大项目——重大疾病相关基因的研究，以恶性肿瘤、高血压、糖尿病、神经精神病和部分遗传病为对象的疾病相关基因的定位、分离、克隆以及结构与功能的研究，并开展造血、内分泌系统、肿瘤、胎肝、胎脑、心肌等组织的重要生物功能新基因cDNA克隆和功能研究。同时，与上海和北京两个市的科委联合，分别在两地成立了国家人类基因组南方和北方研究中心，并积极组建生物信息学、疾病动物模型等与基因功能研究相关的实验基地。

1998年实施的国家重点基础研究规划“疾病基因组学的理论和技术体系建立”研究项目，资助人类基因组学的深入研究。

除了人类基因组大规模测序任务外，我国人类基因组的研究主要着重于功能基因组学的研究，如疾病相关基因以及重要生物功能基因的结构和功能研究等。目前，正在组织中国人群单核苷酸多态性分析的全国性项目，并加大对基因组功能的研究力度。同时，随着DNA大规模测序能力的提高，近年来国内还开展了痢疾杆菌、黄单胞菌、嗜热菌、钩端螺旋体等重要微生物基因组测序与功能研究；与资源密切相关的杂交水稻、猪和血吸虫等大型规模的基因组测序工作也在陆续启动。

我国的人类基因组研究分别获不同来源科学基金的资助，企业的参与也逐渐增加。为了进一步提高研究实力，减少低水平重复，充分发挥我国的优势，增强国际竞争能力，国家需制订统一的“中国人类基因组计划”，并组成有高层领导参加的国家级领导小组，全面规划和统一领导我国的人类基因组计划，推动生命科学领域的基础研究和生物技术应用开发与产业化。

（强伯勤）

第18届国际遗传学大会（18th International Genetics Congress）

1998年8月10日至15日在北京国际会议中心召开了第18届国际遗传学大会，这是自1899年第一届大会以来第一次在中国召开，也是遗传学发展近一个世纪后国际遗传学界在20世纪内的最后一次学术讨论会。本届大会由国际遗传学联合会（International

Genetics Federation，简称IGF）主办，中国科学院和中国遗传学会承办。时任副总理的李岚清应邀担任大会名誉主席，谈家桢任主席，陈受宜任秘书长。大会的主题是“遗传学为民造福”（Genetics—Better Life for All)。来自54个国家和地区近2 000位学者参加了大会。

李岚清在大会开幕式上致欢迎词，指出“遗传学是生命科学的基础学科，生命科学将是21世纪科学技术发展最活跃的领域”，遗传学将在“解决与人类生存密切相关的粮食生产、人口控制、医疗保健和环境保护等重大问题”中发挥“无可取代的重大作用”。

谈家桢作了大会主题报告“遗传学为民造福”，强调生命来自基因，基因是生命活动的基础，只有从基因出发才能理解生命现象的本质，建议研究以基因为基础的农业、医药保健和人口素质以及环境保护。

美国科学院詹姆斯·克鲁在“20世纪的遗传学”报告中将遗传学的发展分为两个阶段，第一阶段为1900年孟德尔定律再发现至1953年DNA双螺旋结构的发现，此期间使基因从用以解决杂交育种实践的染色体上的假设性实体逐步确定为某段DNA。第二阶段从1953年至今，主要特征是日益广泛地使用计算机，使用新的细胞学及分子生物学实验技术，主要研究手段已不再是育种而是化学，使遗传学研究进入生命科学各学科。悉尼·勃里纳在“下世纪的遗传学”报告中则强调了生物基因组研究的重要性，指出这是遗传学研究的制高点，可牵动整个遗传学的发展。国际水稻研究所所长库希在报告中指出，到2020年，粮食要增产50%才能满足人口增长的需要，除了传统的杂交选育技术外，更需要采用基因工程技术培育高产、优质作物。袁隆平在“培育超高产水稻”的报告中宣布他培育的PEIAI 64S/E32产量高达1.287 kg/m^2，1995年与美国康奈尔大学合作，在野生稻中找到2个QTL，每个QTL可望使高产杂交稻再增产18%。

大会就染色体结构、功能和分布，DNA修复、重组、突变和转座，人类和模式生物基因组作图测序和功能研究，原核和真核生物基因表达调控及转基因和基因剔除，细胞周期、运动、分泌中基因的作用，动植物胚胎发育、形态发生和神经系统发生中的相关基因，分子进化和遗传多样性，动植物育种新途径及遗传资源保护和利用，人类疾病易感性相关基因定位、克隆、基因治疗，遗传学与伦理、社会、法律间的关系、生物信息学以及遗传学教学等诸多方面进行了讨论。300多位著名学者做了学术报告，出了828份墙报。1 353人提交了论文摘要。大会期间，国际遗传学联合会改选了执行委员会，我国遗传学家、复旦大学的赵寿元当选为本届国际遗传学联合会主席，成为担任这一有影响的国际学术组织领导人的第一位中国科学家。

（陈受宜）

《中国植物志》编写完成 (Accomplishment of Compiling *Flora of China*)

《中国植物志》是中国科学院在1958年“大跃进”的形势下提出的一项植物分类学方面的重要项目。中国科学院聘请了以中国科学院各有关研究所为主要成员的编委和少数高校专家组成中国植物志编辑委员会来负责这项编研工作的全面安排。中国科学院植物研究所首先组织了有经验的老专家带领年轻科研人员开始了编研工作，特别选择了积累比较多资料的一些科先开始编研。为了在比较短的时间内完成这几本中国植物志编研任务，专门集中了一些科研人员参加这项工作。

虽然当时的工作条件比现在困难，一些参考文献和模式样本无法见到，但大家还是努力完成编写任务，终于在1959年国庆十周年前出版了第一本《中国植物志》。秦仁昌领导一些年轻科研人员完成了《中国植物志》第二卷蕨类植物编研工作。1959年在国庆节游行的队伍中，中国科学院植物研究所的科研人员抬着《中国植物志》的模型通过了天安门前，《中国植物志》的编研工作从此正式开始，1961年、1963年相继又出版了第十一卷（莎草科镳草亚科）和第六十八卷（玄参科马先蒿属）。

在当时编著中国植物志是一项新的科研任务，编研工作缺乏经验，因此在这几本中国植物志出版后，中国植物志编委会详细审阅了已出版的卷册，认真总结了经验，对工作中应注意的问题提出建议，以便在今后的编著工作中改进，更好地提高水平。同时《中国植物志》的编研工作也全面铺开，编委会组织了全国的力量参加编研工作，除了中国科学院各植物研究所以外，还邀请了一些大学的有关专家参加，编研的队伍迅速扩大，陆续出版了一些卷册。

1966年开始的“文化大革命”冲击了这项编研任务的开展，编研工作停顿了几年，直至研究所科研工作步入正轨时，中国植物志编委会才又重新与全国有关单位联系，恢复了编研工作。改革开放的政策也给《中国植物志》编研工作带来了科学的春天，植物分类学开始有机会与世界各国开展学术交流，国内缺的标本和文献资料大部分可以从国外借到，因此一些疑难问题得以解决，充实了内容，加快了编研的进度。到20世纪80年代末90年代初已出版全套《中国植物志》125卷册中的70多卷册。在“七五”计划中《中国植物志》编研工作被列入国家重大项目，不少卷册的《中国植物志》被评为国家自然科学奖和中国科学院科技进步奖等，很好地调动了编研人员的积极性，中国植物志编委会也更加强了审稿、校稿工作，使出版方面在保证数量的同时也保证了质量。到1999年国庆五十周年时《中国植物志》全部完成编研工作。在中文版中国植物志的基础上又开始了英文版的编研工作，进一步开展国际间学术交流，使《中国植物志》成为世界上公认的包括植物种类最多并具有世界水平的一套巨著。

（戴伦凯）

钱崇澍 (Qian Chongshu，1883～1965)

钱崇澍，号雨农，我国著名植物分类学家。1883年11月11日出生于浙江省宁海县。1910年留学美国，入美国伊利诺斯大学自然科学院，1914年毕业后，又在芝加哥大学、哈佛大学学习，1916年学成回国。回国后在南京甲种农业学校任教。1919年任南京金陵大学教授，1920年任东南大学教授，1922年任北京农业大学教授，1923年任清华大学教授，1926年任厦门大学教授，1927～1935年任中国科学社生物研究所所长，1935～1937年间任四川大学教授，1933年在重庆北碚参与发起成立中国植物学会，并被选为第一任会长。1937年仍回中国科学社任职，1942年任复旦大学教授，1950年起任中国科学院植物分类研究所研究员兼所长，1953年以后，一直在中国科学院植物研究所任研究员兼所长。1955年当选为中国科学院学部委员（院士）。1965年12月28日在北京逝世，享年82岁。

钱崇澍是我国植物分类学、植物生理学、地植物学和植物区系学的创始人之一。1916年发表的“宾州毛茛的两个亚洲近似种”、1917年发表的“钡、锶、铈对水绵属植物的特殊作用”、1927年发表的“安徽黄山植物之

初步观察”，都是我国上述研究领域里的最早文献。1916 年回国后，即在浙江和苏南等地采集大量植物标本，对兰科、荨麻科、豆科、菊科等进行了系统研究，发表了《中国兰科植物》、《中国荨麻科之研究》、《中国森林植物志》卷一等。30 年代开始，对安徽、四川等省进行了大规模的调查和采集，并对中国植被类型和区划进行了多年的研究，发表了《中国植被区划草案》，与吴中伦合作发表了《黄河流域植物分布概况》，与吴征镒、陈昌笃等合作发表了《中国植被类型》。晚年与陈焕镛合作主编了《中国植物志》。

钱崇澍在培养我国植物学人才方面也有很大的贡献，早在1923 年，就与邹秉文、胡先骕合编了我国第一部植物学教科书《高等植物学》。我国著名植物学家李继侗、秦仁昌、裴鉴、曲仲湘等都是他的学生。

（周　郑）

秉　志 (Bing Zhi，1886～1965)

秉志，原名翟秉志，曾用名秉农山、翟际潜。著名动物学家。1886 年4 月9 日生于河南开封。1909 年毕业于京师大学堂后，考取官费留美。1913 年在美国康奈尔大学获理学士学位，1918 年获博士学位。1918～1920 年在美国费城威斯特解剖学和生物学研究所任研究员。1915 年参加创办我国第一个群众性学术团体中国科学社，并创办我国第一本科学期刊《科学》。1920 年归国。1921 年在南京高师创办了我国第一个生物学系。1922 年8 月在南京创建我国第一个生物研究所——中国科学社生物研究所，任首任所长兼动物学部主任。1927 年参加创办北平静生生物调查所并任主任。1934 年创建中国动物学会并任首任理事长。自回国后历任东南大学、厦门大学、中央大学和复旦大学教授。解放后除兼任复旦大学教授外，1952～1965 年任中国科学院水生生物研究所、中国科学院动物研究所研究员。1955 年当选为中国科学院生物学部委员（院士）。1965 年病逝于北京，享年79 岁。

秉志是我国近代动物学的主要奠基人，长期从事我国动物学的组织领导和人才培养工作。他创建的生物学系、研究所为我国生物学界培养了大批人才。著名生物学家王家楫、伍献文、沈嘉瑞、陈义等都是他的学生。秉志在学术领域内的贡献也是多方面的。对动物区系分类学、形态学、生理学、昆虫学和古生物学等方面都有卓越的成就，尤其精于解剖学和神经学，对进化理论也有很深的研究心得。他对江豚、虎、家兔等解剖生理的研究，对中国腹足类软体动物的调查，对中国白垩纪昆虫化石的研究等，在国内外都有重要学术地位。他的《鲤鱼解剖学》为鲤鱼形态结构科研与教学提供了资料。《鲤鱼组织学》对鲤鱼的组织作了详细的论述。这些都全面充实了鱼类生物学的理论基础。

秉志共发表生物学论文63 篇，科普文章45 篇，学术专著5 种和科普读物6 本。

（周　郑）

马文昭 (Ma Wenzhao，1886～1965)

马文昭，1886 年5 月31 日生于河北省保定市农民家庭。1905 年被教会资送到北通县协和书院学习，1915 年毕业，前后担任山西汾阳医院和北通县潞河医院医师。1919 年获得到北京协和医学院解剖学科学习机会。第二年被送到美国芝加哥大学解剖学科进修组织学，从师R·R·本斯利，研究细胞线粒体和高尔基体，在美国《解剖记录》和《美国解剖学杂志》上发表论文。1921 年回到协和医学院，除担任教学任务外，继续线粒体和高尔基体的研究。1928 年再度赴美进修。在他关于线粒体和高尔基体的研究中，得出两

者都是细胞代谢的主要细胞器结果，并从他们固定染色反应，得出两者主要成分是卵磷脂的推断。马文昭对鸦片毒害我国十分痛恨。他认为如果增强细胞线粒体和高尔基体的机能，可抵抗疾病的侵害，也能使有毒瘾的人恢复健康。他探索出一种戒除鸦片烟瘾的诊断治疗方法，并在动物实验中取得效果。1932～1934 年连续发表了有关文章。1940 年他应美国圣路易华盛顿大学聘请，以客座教授身份去讲学。1941 年 12 月 8 日太平洋战争爆发，协和医学院被日军占领后，1942 年马文昭应北京大学医学院聘请，担任解剖科教授。1945 年抗日战争胜利，马文昭承担重建北京大学医学院的重任，聘请原协和医学院工作的同事主持各科教学和医疗工作，按照协和医学院的规格改革了临床各种制度，使北京大学医学院面貌一新，大大提高了教学医疗质量，奠定了现在北京医科大学的基础。1949 年中华人民共和国成立，马文昭的工作受到国家的重视，为他建立了细胞学研究室，他仍继续线粒体和高尔基体的研究，并培养了一批专业骨干。1953 年院系调整后，他担任了北京医学院组织胚胎学教研室主任，领导关于磷脂类为细胞器主要成分并能增强机体细胞生活能力的研究。1963 年编写了《磷脂类对于组织的作用》一书。1956 年曾到前苏联访问。当年中国科学院成立，他当选为生物地学部委员（院士）。1965 年因患肺癌，医治无效，于12 月13 日在北京人民医院逝世，享年79 岁。

（李肇特）

陈焕镛 (Chen Huanyong，1890～1971)

陈焕镛，字文农，号韶钟。著名植物分类学家。广东省新会县人，1890 年7 月22 日出生于香港。1913 年人美国哈佛大学森林学系，1919 年毕业，获硕士学位。他的毕业论文获特别优秀奖，校方除给予奖金并决定其留校任教外，还根据其意愿供给费用回国进行植物调查采集。1920 年回国任南京金陵大学教授，1921～1926 年任南京东南大学教授。1926～1941 年任广州中山大学教授、植物学系主任、理学院院长。1928 年又到该校农学院任院长，创办了中山大学农林植物研究室，并任室主任。1930 年该室改名为农林植物研究所，他任所长。1935 年应广西大学聘请兼任该校森林系教授兼系主任和广西经济植物研究所所长。1938 年起他来往于广州、广西和香港等地工作，在香港创立植物研究所并兼任香港皇家植物园主任。解放后他在中山大学植物研究所任所长，1954 年该研究所改属中国科学院，更名为华南植物研究所，他任该所研究员、所长直至1971 年。1955 年当选为中国科学院学部委员（院士）。1971 年1 月18 日病逝于广州，享年81 岁。

陈焕镛毕生从事植物分类学的教学研究工作。对华南，特别是广东、广西和海南省的植物区系研究最多，贡献也最大。他共发表了100 多个新种和10 个新属，其中为国内外植物学者所瞩目的裸子植物银杉属（*Cathaya* Chun）和木兰科珍贵的孑遗树种观光木属（*Tsoongiodendron* Chun）的发现在植物分类学上有重大的意义。他在1921 年出版的《中国经济树木学》，1927～1937 年与胡先骕合编出版的《中国植物图谱》，1956 年出版的《广州植物志》，1964～1977 年与张肇骞共同主编的《海南植物志》等都是开发利用我国极其丰富植物资源的重要参考书。他在第一届全国人民代表大会上和秉志、钱崇澍、杨惟义、秦仁昌等提出《划定天然森林禁伐区，保护自然林区供科学研究之用》的提案。得到国务院批准后，全国陆续成立了60 余个自然保护区。1956 年华南植物研究所建立的鼎湖山树木园自然保护区，已被列为国际性

的科学研究基地。

陈焕镛共发表论文和专著50余篇册。

（周　郑）

戴芳澜 (Dai Fanglan，1893～1973)

戴芳澜，号观亭，著名真菌学和植物病理学家。1893年5月4日出生于湖北省江陵县。1913年在北京清华学校留美预备班结业。1914～1919年在美国威斯康星大学、康奈尔大学和哥伦比亚大学研究院攻读真菌学和植物病理学。1919年回国在天津农场工作，1921～1923年任教于广东省农业专门学校，1923～1927年任南京东南大学教授，1927～1934年任南京金陵大学教授，1934～1935年再次去美，在纽约植物园和康奈尔大学任研究员，研究真菌遗传学等，1935～1950年在清华大学农业研究所任教授，1946年任清华大学农学院植病系主任兼病理研究所所长，1950～1957年在北京农业大学任教授，1953～1956年兼任中国科学院植物研究所真菌植病研究室主任，1956～1958年为中国科学院应用真菌学研究所所长，1959年起直到逝世，任中国科学院微生物研究所所长。1955年获德意志民主共和国农业科学院通讯会员（院士）称号。1955年当选为中国科学院学部委员（院士）。1973年1月3日在北京逝世，享年80岁。

戴芳澜早期从事水稻、果树等作物病害及其防治研究，1923年发表“芋疫病”、1930年发表“三角枫上白粉菌之一新种”；1930年之后，从事真菌的分类、形态、遗传等方面的研究。他在白粉菌、地舌菌、锈菌、鸟巢菌和尾孢菌的分类、竹鞘寄生菌和脉孢菌的细胞遗传学研究方面，都做出了重要的贡献。1931年“竹鞘寄生菌之研究”，1932～1939年的“中国真菌杂录”（共9篇），1936年的“中国尾孢菌之研究”和“脉孢菌的性连锁”，1948年的“中国鸟巢菌的研究”，以及1979年出版的《中国真菌总汇》等都是他的重要研究成果。他一生共发表论文及著作50余篇册。

他是中国真菌学的创始人和中国病理学的主要奠基人，培养了几代中国真菌学和植物病理学的专门人才。

（周　郑）

陈　桢 (Chen Zhen，1894～1957)

陈桢，字席三，别号协三，中国动物学家、遗传学家、生物史学家。1894年2月8日出生于江苏省邗江县。1918年夏毕业于南京金陵大学，获农学士学位，留校担任育种学助教。1919年考取公费赴美留学，成为康奈尔大学研究生院研究生。1920年春季，又到哥伦比亚大学进修，秋季进该校动物学系攻读研究生。曾在美国著名细胞学家E·B·威尔逊实验室进修。1921年夏，获哥伦比亚大学硕士学位，后师从著名遗传学家T·H·摩尔根专攻遗传学。1922年由美回国，任南京东南大学生物学系教授。1925年夏，在北京清华学校大学部任生物学系教授。1926年兼任中华教育文化基金会科学教授。后任东南大学动物学系教授兼系主任。1927年任北京师范大学生物学系教授，仍兼任中华教育文化基金会科学教授。1929年2月任清华大学生物学系教授兼系主任。1934～1935年去欧洲各国考察一年后回清华。1937年日军侵略华北，随清华大学去长沙，任教于临时大学。1938年任清华大学和西南联大生物学系教授。1943年当选为中国动物学会会长。1946年抗战胜利后随清华大学回北平，仍任生物学系教授兼系主任至1950年。1947年被聘为联合国教科文组织中国委员会第一届委员。1950年中国科学院成立动物标本整理委

员会，任主任委员。1952 年院系调整任北京大学动物学教授。1953 年中国科学院成立动物研究室，任该室主任。1954 年中国科学院成立中国动物图谱编辑委员会，任主任委员。并担任中国科学院科学史委员会委员。1955 年当选为中国科学院学部委员（院士）。1957 年中国科学院动物研究室扩建为动物研究所，任所长。1957 年11 月15 日病逝于北京，享年63 岁。

陈桢主要贡献在教育和科研两方面。

他在生物学系开设过多种课程，其中在北京大学首创性地开设中国生物学史课。他在1924 年编著的《普通生物学》，1928 年改名为《复兴高级中学教科书·生物学》，在1933～1951 年共印发了181 版，影响很大。

在科学研究方面，他重视利用我国特有动物为材料，发展我国的生物学。他首先从事金鱼遗传变异的系统研究，1925 年发表了“金鱼外形的变异”，1927 年发表了“金鱼的变异、进化和遗传”，1928 年发表“金鱼的遗传、透明和五花”，1929 年发表“金鱼按孟德尔遗传的初次发现”等；后来又进行了动物行为的研究，1937 年发表了“蚂蚁的社会对它们筑巢活动的影响”、“蚂蚁筑巢工作中的领头蚁和随从蚁”等论文，受到国内外同行的重视。1954 年担任中国动物图谱编辑委员会主任后，发表了“金鱼家化史与品种形成因素”、“我国古代学者关于化石起源的正确认识”等论文，为我国生物学史的研究奠定了基础。

（周　郑）

胡先骕 (Hu Xiansu，1894～1968)

胡先骕，字步曾，号忏盦，植物分类学家，我国近代植物分类学奠基人之一。1894 年5 月24 日生于江西新建县。1913 年赴美国加利福尼亚学习农学和森林植物学，1916 年获学士学位。1923 年再次赴美深造，在哈佛大学攻读植物分类学，1925 年获博士学位。1914 年在美参加发起成立中国科学社。1918～1952 年先后担任或兼任南京高等师范、东南大学、北京师范大学教授。1922 年他与动物学家秉志、植物学家钱崇澍等一起在南京筹建了中国科学社生物研究所，1922～1927 年任植物学部主任。1928 年在北平参与创办静生生物研究所，1932～1949 年任所长。1934 年倡议在江西庐山创建了森林植物园，并任所长一年。1933 年参与发起成立中国植物学会。1940～1944 年任国立中正大学校长。1950 年起任中国科学院植物研究所一级研究员。1968 年7 月16 日病逝于北京，享年74 岁。

胡先骕的主要贡献在植物资源普查、植物分类学和植物学教学方面。

在植物资源普查方面，他自1919 年起，在浙江天台、雁荡、松阳、龙泉、小九华山、仙华岭、瑞昌、开化、建德和东西天目山等地采得大量植物标本，1920 年又去江西吉安、赣州、宁都、建昌、广信及福建武夷山区采集，并写出调查报告或考订文章。他关心植物资源的利用，1955 年与孙醒东合编《国产牧草植物》，同年又出版《经济植物学》。

在植物分类学方面，他在普查的基础上，发表了100 多种新种、6 个新属、1 个新科和1 个多元分类系统。其中最引人注目的是在1941 年首次采集到水杉科植物标本，经与郑万钧共同研究，确定这种水杉与日本古植物学家三木茂在1941 年发表的两种化石为同一属植物，并在1948 年发表为新种。这一活化石的发现使世界植物学界为之震惊。

在植物学教学方面，1923 年与邹秉文、钱崇澍合编我国第一部植物学教材《高等植物学》。1951 年为适应解放后大学生物学系

需要，编写了《种子植物分类学讲义》。1954年为适应师范学院与农林院校需要，编写了《植物分类学简编》。此书内容翔实，其中在"植物分类原理"一章中驳斥了前苏联李森科关于物种的见解。

胡先骕共发表植物学论文140多篇。

（周　郑）

李汝祺 (Li Ruqi，1895～1991)

李汝祺，1895年3月2日出生于天津市。早年就学于清华学校，1919～1923年在美国普渡大学就读。毕业后，进入美国哥伦比亚大学动物学系研究院，从师于摩尔根教授，1926年以优异的成绩获得博士学位。当年回国任教。历任上海复旦大学副教授、燕京大学生物学系教授、中国大学生物学系教授兼主任、北京大学医学院教授、北京大学动物学系主任兼医预科主任、北京大学生物学系教授兼遗传教研室主任。曾先后任北京博物学会会长、中国动物学会理事长、中国遗传学会理事长兼《遗传学报》主编以及中国科学院动物研究所学术委员、中国遗传研究所兼任研究员和《中国大百科全书》遗传学编委会主编等职。1991年4月4日在北京逝世，享年96岁。

李汝祺是中国遗传学开拓者之一。在教育和科研中，他培养了一批我国遗传学界的骨干人才，为我国遗传学事业的发展奠定了坚实的基础。1949年夏天回国后，李汝祺却遭到李森科学派某些人对摩尔根学派的学者不公正的对待，他中断了遗传学的教学和科研工作，改教畜牧学及动物生态学。1956年参加青岛遗传学座谈会后，1957年4月在《光明日报》上发表了题为"从遗传学谈百家争鸣"的文章，后改为"发展科学必由之路——从遗传学谈百家争鸣"，由《人民日报》转载。此文的发表对于推动我国遗传学事业的健康发展起了积极的作用。

1926年李汝祺在*Genetics*上发表了他的博士论文"果蝇染色体结构畸变在其发育上的效应"，阐明了不同染色体畸变的纯合体对果蝇发育的不同阶段起着致死作用。这是摩尔根实验室发表的有关果蝇发育遗传的第一篇论文。1936年他在*Genetics*上又发表了"果蝇残翅在高温下的发育"，对拟表型提供了重要的科学例证。1930年他在*Peking Natural History Bulletin*上发表了"巨大蝈蝈儿的精子发生和其染色体的研究"，这是我国首篇研究昆虫染色体的论文。1933年他与谈家桢教授在*Peking Natural History Bulletin*上共同发表了"瓢虫鞘翅色斑的变异"，首次指出色斑的遗传都是由独立孟德尔因子负责传递的，为后来研究瓢虫色斑遗传打下了基础。1934年在同一杂志上发表了"发现在中国马中的一种六个染色体的马蛔虫"。1937年又在*Science*上重新发表了题为"在中国马中的一种六个染色体的马蛔虫的发现"。20世纪30～50年代，李汝祺开展了北方狭口蛙个体发育及其环境变化的适应性研究，发表了11篇论文，为研究有关狭口蛙及蛙的生物学提供了宝贵的参考资料。1955～1956年李汝祺做了大量的科研工作：为开展小鼠发育遗传学研究培育了一个小鼠纯系；用X辐射线及^{60}Co的低剂量照射雌鼠发育的不同阶段，研究其对卵巢发育的影响；开展摇蚊唾腺染色体在个体发育中的结构可逆性变化及其超微结构、组织化学的研究；开展黑斑蛙、金线蛙及北方大蟾蜍的染色体组型及其斑带染色体的研究；整理写成两篇论文"第一和第二染色体在幼虫到成虫期的可逆性变化"及"第三染色体的组织化学分析"，发表在1985年的《遗传学报》上。

1978年中国遗传学会成立，李汝祺当选为第一任理事长。他积极领导中国遗传学会

开展基础遗传学及分子遗传学研究，设立了“李汝祺动物遗传学优秀论文”奖金，为我国遗传学的振兴起了积极的推动作用。

李汝祺在60年的教学科研过程中积累了丰富的经验，著作甚多。早期在北京大学出版了《人类生物学》；1962年在《细胞学进展》一书中发表了题为“细胞遗传学的现状和展望”论文（上海科技出版社）；1965年与张宗炳合译英国C·P·瑞温的《卵子发生》（科学出版社）；1981年出版了《细胞遗传的基本原理》中的“发生遗传学”（科学出版社）；1982年出版了《遗传学若干问题的探讨》（北京大学出版社）；1983年出版了由李汝祺主编的《中国大百科全书生物学·遗传学》（中国大百科全书出版社），书中发生遗传学章次由李汝祺与王亚辉撰写；1985年出版了《实验动物论文选集》中的《发生遗传学》上、下集（科学出版社）。这本书是在他近90岁高龄时，历时四年，五易其稿而成的，字数达60万字，被誉为我国遗传学经典著作。还发表论文50余篇。

（吴鹤龄）

张景钺（Zhang Jingyue，1895～1975）

张景钺，字岘侪，植物形态解剖学家和教育家。1895年10月29日出生于湖北光化县，1916年毕业于安徽芜湖圣雅各中学。同年考入清华学堂。1920年毕业后，公费赴美留学，先入得克萨斯工学院学习，1922年转入芝加哥大学植物学系，1925年获博士学位后回国，在东南大学（后改为中央大学）任教，兼生物学系主任。他任教六年间，开设了植物形态学、植物解剖学、植物制片学等课程，并继续他的植物解剖学方面的研究。他是我国植物形态解剖学的奠基人。我国著名学者严楚江、陈华庚、吴素萱等是他培养的第一批学生。

1930～1932年张景钺受中华教育文化促进会资助，赴英国Leeds大学和瑞士Basel植物研究所访问和研究。1932年受北京大学的聘请，任植物学教授兼生物学系主任，为教育部部聘教授。他在北大任职期间为发展我国生物学教学进行了一系列基础建设工作，包括聘请著名教授，培养青年教师出国深造，领导编写各类教材，建立实验室、动植物标本室、生物学系图书室和试验植物园等。正当北大生物学系逐步完善时，日本军国主义对华北发动侵略战争，北大被迫迁移。张景钺不畏艰辛，全家辗转至昆明，继续在北大、清华和南开三校联合的西南联大任教。在八年抗战期间，张景钺和全系师生一起，克服各种困难，保证了教学质量和学生的论文工作，为国储才。我国著名的植物学家吴征镒、王伏雄等都是在此期间培养的。

抗战胜利后，1945年张景钺被邀请去美国加州大学Berkley分校讲学一年。回国后继续任北大植物学系主任。1949年北平解放后，直到“文化大革命”前，他一直担任北大生物学系主任。1952年院系调整时，清华、燕京两校生物学系并入北大，生物学系师资力量雄厚，图书设备丰富，并新建了生物学系大楼，气象一新。在党的领导下，张景钺团结全系师生开展教学改革，设置了完备的专业，修订了新的教学计划和教学大纲，加强了数、理、化的基础训练，增加了大实验、教学实习、生产实习、学年论文和毕业论文等教学环节，使教学质量有了显著的提高。北大生物学系不仅为国家建设提供了一批优秀人才，还成为全国教师进修的基地。特别是北大生物学系在全国首先成立了生物化学专业和生物物理专业，及时为全国培养了一批这方面急需的人才。张景钺教授为发展我国的生物学教育事业贡献了他毕生的精力。

张景钺在科研工作方面也做出了特殊的

贡献。虽然他发表论文的数量不多，但他雄厚的学术基础和洞察植物科学发展方向的能力，使他发表的几篇关于植物解剖学和生态学方面的论文成为植物科学中的名篇。他共发表学术论文14篇，著作和翻译专著5册。

1960年，张景钺不幸患上帕金森病。1975年4月24日因病与世长辞。

（朱　澂）

胡经甫（Hu Jingfu，1896～1972）

胡经甫，昆虫学家和生物科学教育家。原名胡宗权，笔名胡烈。祖籍广东三水。1896年11月21日出生于上海。1917年毕业于东吴大学生物学系，获理学士学位后留校任助教并攻读研究生。1919年获硕士学位，任上海圣约翰大学生物学系讲师。1920年公费留美，入康奈尔大学深造，专攻昆虫学，仅用20个月即读完博士课程，1922年获得哲学博士学位。1922年任东南大学教授，1923年回苏州东吴大学任教授，1926～1950年任北京燕京大学教授兼系主任。1933年与1941年曾先后被美国康奈尔大学和明尼苏达大学聘任为客座教授。1946年获湖南湘雅医学院医学博士学位。1950年辞去燕京大学职务，开业行医。1951年参加反细菌战工作，1953年起在中国人民解放军军事医学科学院任一级研究员。1955年当选为中国科学院生物学部委员（院士）。1972年2月1日因病在北京逝世，享年76岁。

胡经甫的主要贡献有：

1. 中国襀翅目昆虫研究方面，1923年发表的论文“襀翅目之形态解剖与生活史究”表现了他深厚的理论基础、敏锐的观察能力和精湛的实验技术水准。1936年发表的《中国襀翅目昆虫志》是我国石蝇类研究的权威著作。

2. 在昆虫分类方面，他从1929年起通过查阅资料，仔细核实，编制了无数卡片，在1933年写出《中国昆虫名录》初稿。1933～1934年利用出国讲学的机会，到美、英、法、比、德、瑞士、意大利等国遍访学者，参观博物馆，核查有关中国昆虫标本和著作。1947年6卷《中国昆虫名录》正式出版，该书共4 286页，记载中国昆虫25目、392科、4 968属，凡20 069种。这本书是中国昆虫学研究20世纪20～40年代的一个里程碑。

3. 医学昆虫学研究方面，1949年后，他长期从事医学昆虫学研究，因在国防科研单位工作，所写文章多系内部资料。但他任《中国医学动物鉴定手册》副主编后，则亲自完成白蛉、蠓、蚋虻等章节的编写。

4. 他坚持生物学和昆虫学的教学科研工作逾50年。1924年还创办了东吴大学生物材料处，所制标本广泛供应国内大中专学校，并远销海外。他编写的《无脊椎动物学讲义》和《实验指导》采用了大量中国的资料，是被广泛采用的大学优秀教材。在半个世纪内为我国生物学界和医学界培养了大批人才，著名学者徐荫祺、刘承钊，著名医生邓家栋、谢少文等都是他的学生。

胡经甫发表各种论文90多篇。

（周　郑）

汤飞凡（Tang Feifan，1897～1958）

汤飞凡，微生物学家、病毒学家。1897年7月23日出生于湖南醴陵。1921年毕业于湘雅医学院，并获得美国康涅狄克大学医学博士学位。后在北平协和医学院细菌学系进修，并任助教。1925年被推荐到美国哈佛大学进修，并担任助教。1929年回国后，担任上海中央大学医学院（上海医学院的前身）副教授、教授，创办微生物学系。1932年任上海雷氏德研究院细菌学系主任兼上海医学院教授。淞沪战争爆发后，参加“上海救护委

员会”，在抗日战争前线抢救伤员。上海沦陷后，到后方重建中央防疫处并任处长等职。抗战胜利后，他再一次重建防疫处并任处长。解放后防疫处改为卫生部生物制品研究所，任所长。1951 年中国菌种保藏委员会成立，任主任委员。1955 年被选为中国科学院学部委员（院士）。1958 年9 月30 日去世。1981 年国际沙眼防治组织向他追赠了沙眼金质奖章；1982 年他的沙眼衣原体分离培养获得了国家科学发明奖。

汤飞凡的主要贡献有：

1. 他是我国第一代病毒学家，也是最早研究支原体的微生物学家之一。1928 年他与秦瑟研制出一系列孔径大小不同的醋酸火棉胶滤膜，首次测定了病毒的大小；并用离心和过滤的方法，证明病毒是寄生于细胞内的、能自我复制的颗粒。他们还发现硅藻土、沙粒和玻璃粉对病毒有吸附作用。1937 年与魏曦合作首次提出支原体发育周期中有形态不同的五个阶段，并周而复始。这些都是病毒学研究中的经典文献。他还研究出在简单条件下大量制造牛痘苗的方法，为我国比世界提前16 年消灭天花做出了贡献。1950 年研制出“欧藤（Otten)”减毒活菌苗，为控制鼠疫提供了有力的武器。

2. 他于1929 年开始研究，1955 年在世界上首先分离培养沙眼病毒成功，1957 年用自己的眼睛作试验，引发了典型的沙眼病，彻底解决了半个多世纪以来关于沙眼病原体的争论，而且大大地推动了沙眼、鹦鹉热、淋巴肉芽肿一类传染病的研究，导致了微生物分类学的一项重要变革，增加了一个介乎于细菌和病毒之间的目——衣原体目。沙眼病原体被正式命名为沙眼衣原体（*Chlamydia tracho matis*）。

3. 1941～1942 年青霉素的生产研究在欧美被列为军事秘密，还未解决工业生产问题。他领导的防疫处利用自己分离的菌种，1943 年在昆明建立了青霉素生产车间，研制出我国第一批青霉素。1945 年重建北平中央防疫处时，建立了我国第一个青霉素车间和抗生素实验室，为我国抗生素事业打下了基础。他还建立了我国第一个实验动物饲养场。

汤飞凡论文著作共有50 余篇册。

（周　郑）

杨钟健（Yang Zhongjian，1897～1979）

杨钟健，字克强，地质学家、古生物学家和教育家。1897 年6 月1 日出生于陕西省华县。1923 年毕业于北京大学地质学系，获理学学士学位。同年10 月留学德国，入慕尼黑大学地质学系学习古生物专业。1927 年，获慕尼黑大学哲学博士学位。1928 年2 月回国，任中央地质调查所技师，1929 年任中央地质调查所新生代地质研究室副主任，负责周口店采掘工作。1936 年，当选为中国地质学会理事长。1940 年，任地质调查所新生代研究室名誉主任，兼重庆大学地质学系教授。1944 年，赴美讲学，并去英、法、瑞士访问，1946 年回国。1948 年，任西安西北大学校长。1949 年12 月，任中国科学院编译局局长，并与裴文中等筹建古脊椎动物研究室，1953 年，任该室主任。1955 年当选为中国科学院地学部委员（院士）。1956 被授予莫斯科自然博物工作者协会国外会员。1957 年，古脊椎动物研究所成立，任研究员兼所长。1959 年兼任北京自然博物馆馆长。1962 年，被选为美国古脊椎动物学会名誉会员。1974 年被推举为英国林奈学会会员。1979 年1 月15 日因病在北京逝世，享年82 岁。

杨钟健毕生从事古脊椎动物学、地质学研究，是我国古脊椎动物学的创始人和奠基人。他的博士论文“中国北方啮齿类化石”（德文），是中国人撰写的第一篇古脊椎动物

学论著，从而在我国创立了这一学科。之后又发表了“中国北方新生代后期之哺乳动物化石”等论文多篇，为我国古哺乳动物和新生代地质研究奠定了基础。20世纪30年代末，逐步转向古爬行动物和中生代地层的研究。对新疆、山西三叠纪爬行动物和新疆、内蒙古侏罗—白垩纪恐龙的研究，都是我国开拓性的工作。其中有关二齿兽类的研究，对说明“大陆漂移学说”有重要价值。1937年日寇侵华，他转至昆明，致力于野外工作，与卞美年、王存义在云南禄丰开展发掘工作，获大批恐龙及原始哺乳类化石，至1949年，他主要整理研究“禄丰蜥龙动物群”，发表涉及恐龙、鳄类、似哺乳动物的论文专著多篇部，其中云南卞氏兽（*Bienotherium yunnaensis*）更是闻名于世。50年代起全力投入古爬行动物的研究，研究了我国恐龙的主要门类、恐龙蛋和恐龙足印化石，并都取得了重大成果，使国际上了解我国是爬行动物最丰富多彩的地区。杨钟健著述很多，共发表有关地质古生物专著、论文、述评、译文、科普、杂文等600余篇部，其中学术论文400余篇。

（周　郑）

李继侗（Li Jitong，1897～1961）

李继侗，我国杰出的植物学家、生态学家和教育家。1897年8月24日生于江苏省兴化县。1921年毕业于南京金陵大学林科。同年考取清华学校公费留美，入耶鲁大学林学研究院作研究生，1923年获硕士学位，1925年获博士学位，是在美华人在林学方面获得博士学位的第一人。他的博士论文“森林覆被对土壤温度的影响”改进了前人的观察方法，而且观测数据丰富全面，对森林生态学（当时称森林立地学）做出了贡献。

1925年回国后先在金陵大学任教，1926年受聘于天津南开大学生物学系。1929年起在清华大学任教授。抗战期间随清华内迁，1937～1938年在长沙临时大学，1938～1946年在昆明西南联合大学任教授兼西南联大生物学系主任。1946年迁回清华园。1952年院系调整时并入北京大学生物学系。1953～1957年兼任中国科学院植物研究所研究员。1956年被选为中国科学院生物学部委员（院士）、常委。1957年任内蒙古大学副校长，主管教学和科研工作。1961年12月12日因病在呼和浩特市逝世，享年64岁。

李继侗的主要贡献在植物生理、植物生态和植物群落以及教书育人方面。

在植物生理学方面，自回国后先后从事光合作用、植物细胞吸水力、植物生长素和植物器官及组织的离体培养等研究工作。1928年完成的“光变化对光合速率的瞬时效应”发现光合作用机理中有两个光反应的先驱，比国外类似发现早十几年。1927年完成的“气候因素对吸水率的影响”，强调环境因子对植物生理作用的影响，是当时较新的科研方向，受到国内外的重视。30年代起，他用我国特产的银杏种子为材料，展开植物生长的研究。1934年完成的“光照和白果叶的发育”，不仅开创了我国实验形态学研究，在国际上也是较早的尝试。他还进行了有关胚胎发育、胚根离体培养等工作。1934年发表的“银杏在体外的发生”、“泛酸对酵母生长及银杏胚根在人工培养基中生长效应”等文章，是我国植物组织培养和器官培养的开端。但这些开创性的工作，因日军侵华、学校南迁而中断。

在植物生态和植物群落研究方面，1938年长沙临时大学西迁昆明时，带领学生徒步约1 500 km，沿途考察西南山区植被的情况。在昆明八年期间，他在考察的基础上讲授植物生态学。1949～1957年，他先后率领或参加七次大规模野外考察，足迹遍布海南、

河北、甘肃、山西、内蒙古、黑龙江等省、自治区，并撰写了专题报告和论文。1958年他总结多年经验和资料，写出《植物地理学、植物生态学和地植物学的发展》，回顾了这些学科的发展过程，并指出我国应着重研究的方向。他还创办了不定期刊物《植物生态学与地植物学资料丛刊》(现《植物生态学与地植物学报》前身)。1957年到内蒙古大学后，倡导编写了《内蒙古植物志》。

在教育工作方面，他一生在国内各大学先后讲授普通生物学、植物学、植物解剖学、植物生态学等课程。1954年他提出在北京大学成立"植物生态学和地植物学专门组"，招收研究生，接受进修生。我国著名生物学家殷宏章、娄成后等都出自他的门下。他还关心中学生物学教学，1951年为初中植物学教科书修订写出长达一万余字的书面意见。

李继侗共发表学术论文著作29篇部。

(周　郑)

蔡　翘 (Cai Qiao，1897～1990)

蔡翘，著名生理学家和医学教育家。1897年10月11日生于广东省揭阳县。1918年就读于北京大学中文系，1919年秋留学美国，先后在加利福尼亚大学、印第安纳大学和哥伦比亚大学学习心理学。1922年入芝加哥大学研究生院学习心理学和生理学，1925年获哲学博士学位。同年回国。1925～1927年在复旦大学、1927～1930年在上海吴淞中央大学医学院创建生理学科并任教授。1930年去英国伦敦大学生理系师从C・L・埃文斯教授，在剑桥大学生理学家、诺贝尔奖获得者E・D・阿里安教授实验室进修。1931年冬由英国去德国法兰克福大学短期进修。1932年回国后受聘于上海雷氏德医学研究所，1937～1949年在南京中央大学医学院任教授，再建生理学科。1943～1944年被美国国务院聘为交换教授。解放后先后任南京大学医学院院长、第五军医大学校长、军事医学科学院院长、研究员。1955年当选中国科学院学部委员（院士）。1990年逝世，享年93岁。

蔡翘在生理学方面的贡献是多方面的。1924年在美国袋鼠脑组织的解剖学研究中，发现了视觉与眼球运动功能的中枢部位，被后来的学者称为蔡氏区。1929年阐明了切除甲状旁腺后肌肉抽搐和死亡的原因。1931年阐明了感受器适应现象。1933～1936年系统地研究了肝脏在代谢中的作用，发现并阐明了肝脏糖原异生机制及其对血糖稳定性的调控，这些都受到国内外生理学家的重视。1939～1943年研究了红细胞脆性和溶血、抗溶血机制，阐明了脾脏有破坏红细胞作用和胆固醇有保护红细胞免被卵磷脂溶解的作用。1948～1954年主要研究小动脉及毛细血管受伤止血机制，此机制20世纪80年代仍为国内外所引用。1957～1966年长期领导军事劳动生理及航海、航空、航天生理的研究，1978年后指导神经生物学研究工作，也取得了可喜的成果。

他是我国生理学事业的开拓者和奠基人之一。在高校创建生理学科的同时，编著了《生理学》(增订后更名《人类生理学》)、《生理学实验》、《中级生理学》等教材。他是生理学界中弟子成才最多的科学教育家，我国著名的科学家冯德培、童第周等都是他的学生。

蔡翘共发表论文100余篇，专著10余种。

(周　郑)

林可胜 (Lin Kesheng，1897～1969)

林可胜，著名生理学家。福建厦门人，1897年10月15日生于新加坡。8岁时，即被送至英国爱丁堡读书。1919年毕业于爱丁堡

大学医学院。1920 年获哲学博士学位，被聘为讲师。1923 年当选为英国皇家学会爱丁堡分会会员。1924 年获得一项奖学金赴美国芝加哥大学进修，在著名的消化生理学家A·J·卡尔森（Carlson）教授实验室，与A·C·艾维（Ivy）合作进行胃液分泌的研究，成绩卓著。1925 年秋，接受北京协和医学院董事会的聘请，回国就任该院生理学系主任、教授。1926 年发起成立中国生理学会，当选为首任会长。1935～1937 年间，为协和医学院三人领导小组成员之一，执行院长职务。1928～1930 年兼任中华医学会会长。1932 年在喜峰口战役中，他带领一支医护队伍前去进行战地救护。1937 年“七七”事变后，南下参加西南大后方的红十字会工作。他先在汉口建立了红十字会总会救护总队，并亲自担任总队长职务。还在贵阳建立了规模宏大的战时卫生人员训练所，提高卫生人员的医疗水平。1938 年秋在长沙组成四个医疗队，随带医药器材前往延安工作。1942 年被选为美国科学院院士。抗日战争胜利后，林可胜将各军医学校及他所直接领导的战时卫生人员训练所合并，在上海成立了国防医学院，他本人出任院长，同时还负责筹建中央研究院医学研究所。1949 年赴美，在芝加哥伊利诺大学医学院与艾维教授第二次合作，任客座研究教授。1950 年任内布拉斯加州的克莱顿大学生理学和药理学系主任、教授。1952～1967 年间，就任印第安纳州麦尔斯实验室医学科学研究室主任和高级研究员，主要致力于痛觉生理和镇痛药物的研究。1969 年7 月8 日因病逝世于牙买加，享年72 岁。

林可胜是中国现代生理学的奠基人，在生理学上的主要贡献有：

1. 研究胃液分泌的体液控制上的成就。证明了狗自体移植的、完全去除神经支配的小胃分泌功能被摄食脂肪所抑制。

2. 发现自主神经系统的中枢联系。发现延脑中存在增高血压中枢和减低血压中枢。认为加压中枢不仅与血压有关，而且有促进多方面交感抑制中枢作用。

3. 1949 年定居美国后，主要研究痛觉和镇痛药理学，阐明了乙酰水杨酸（阿司匹林）的镇痛机制在于阻遏痛觉神经末梢产生冲动。

林可胜共发表论文70 余篇。

（周　郑）

王家楫（Wang Jiaji，1898～1976）

王家楫，号仲济，动物学家。中国原生动物学的开创人和轮虫学的奠基者。1898 年5 月5 日生于江苏奉贤。1923 年获国立东南大学农学学士学位。1925 年赴美国费城宾夕法尼亚大学动物学系深造，此间，成为美国韦斯特生物研究所访问学者和林穴海洋生物研究所客座研究员。1928 年获哲学博士学位，同时，被授予优秀生物工作者金质奖章。1928 年9 月应美国耶鲁大学邀请，被高薪聘为斯特林研究员。

1929 年7 月获悉外国将派遣科学考察团赴华采集标本时，王家楫放弃耶鲁大学的优厚待遇，立即回国开展生物科学考察。经四年时间，考察足迹北到齐鲁，南抵闽粤，西迄川康，东濒海疆，对江浙皖赣的调查尤为详尽，率先取得了我国原生动物学研究的第一手资料，为深入开展我国原生动物区系调查奠定了基础。

王家楫在原生动物学研究领域成绩卓著，共发表原生动物3 个新属、58 个新种、4 个新变种、8 个新亚种。他的成就受到国际原生动物学界的极高评价。他还采用蛋白银染色法，最先发现缘毛类纤毛虫虽然虫体纤毛退化，但膜下纤维系统仍然存在，这对研究原生动物的系统发育具有重要意义。

20世纪70年代，随着工农业的发展，大量的工业废水亟待处理。王家楫着手将原生动物学知识应用于我国环境治理的研究，组织无脊椎动物分类研究组深入全国各地代表各工业门类的30多家有废水处理设备的工厂，进行现场调查及显微观察，分析废水中原生动物的种类、数量、生长情况，筛选出166个可作为指示废水类型和质量的种类。为了便于废水处理厂的工程技术人员掌握和运用，研究组还对这些种类作了详尽的分类描述和指示作用介绍，绘制详图，并附照片。《废水生物处理微型动物图志》的问世，是王家楫应用生物对环境污染进行治理的成功尝试。该书出版后立即受到广泛欢迎，被评为优秀书目并参加国际书展。这项研究成果获1978年湖北省科学大会奖、1984年中国科学院科技进步奖三等奖。此外，王家楫完成了“珠穆朗玛峰地区的原生动物”（1974）、“西藏高原部分地区的原生动物”（1977）两篇论文，共记叙了该地区原生动物400多种，远远超过前人对该地区原生动物区系的报道。

在中国淡水轮虫学研究方面，他的《中国淡水轮虫志》（1960），首次对分布在我国沼泽池塘、湖泊及水库内常见轮虫种类进行详细的分类和描述。内容包括已观察到的种类252种，分别隶属于79属、15科。其中有4个新种及2个新族，自“目”到“属”的特征都扼要地加以叙述，并附有检索表，对种的描述特别详细。所有的252种都附有一个或一个以上的图像，此外对生理、生态等问题，都作了深入的探讨。这项成果获得当年全国科学大会奖和湖北省科学大会奖。

王家楫为创建我国原生动物、轮虫学研究事业奋斗一生。生前共完成论著39篇部。其中中文9篇（包括2部专著），英文30篇。计有原生动物分类学论文24篇，原生动物生理、生态、形态学论文5篇，轮虫生态学和分类学论文4篇，啮齿动物生理学论文4篇。

王家楫不仅是一位杰出的科学家，而且是一位具有组织才能的科学领导人。1934年7月国立中央研究院自然历史博物馆改名为国立中央研究院动植物研究所，任命王家楫为所长。担任所长后，他立即创办*Sinensia*刊物。同年，在江西庐山同我国动物学家一道发起成立中国动物学会。1948年，当选为中央研究院院士。

（王　建）

罗宗洛（Luo Zongluo，1898～1978）

罗宗洛，字涧东，植物生理学家，中国近代植物生理学奠基人之一。1898年8月2日生于浙江黄岩。1917年毕业于上海南洋中学。同年秋天东渡日本，先以优秀成绩考入东京第一高等学校，一年之后，转入仙台第二高等学校，1922年毕业，进入北海道札幌日本帝国大学农学部植物学分科学习，1928年毕业，入该校大学院（研究生院），1930年获博士学位。他是我国留日学生中第二个获得博士学位的。

1930年回国后，罗宗洛历任中山大学、暨南大学、中央大学、浙江大学等四校生物学系教授，以及台湾大学首任校长。曾任中央研究院植物研究所所长，1948年4月被选为中央研究院院士。新中国成立后，任中国科学院植物生理研究所所长，1955年被选为中国科学院院士。1963年10月至1978年10月，当选为中国植物生理学会一届、二届理事长和《植物生理学报》主编。1957年被选为前苏联农业科学院通讯院士及日本植物学会名誉会员，曾主编以外文写作的《中国实验生物学杂志》和《中央研究院植物学汇报》，供国际生物科学界交流之用。

罗宗洛早期在日本时，主要的学术贡献

有：植物细胞生理学方面，他研究低等植物藻类水绵，发现其原生质在不同氢离子浓度之下，发生多种高峰的曲线，因而推断原生质由多种胶体组成多相系统，有多样的两性电解质，各自独立存在，具有各自独立的等电点。他提出了原生质等电点多点论假说。此后，罗宗洛的研究工作集中在植物对电解质和非电解质的吸收方面，共发表了5篇英文论文。他以主要的农作物为实验材料，研究了农作物对氮肥的吸收。他以溶液培养作为植物对矿质吸收的研究，用各种硝酸盐和铵盐作为氮肥，每天测定培养液pH的变化，发现如吸收铵量过多，则引起培养液pH的降低，而偏于酸性。数十年后的20世纪50年代，我国化学氮肥严重不足，建立了许多小化肥厂，欲推广碳酸铵肥料，事先征求罗宗洛的意见，他提供了有关碳酸铵肥效以及如何使用的科学依据，指出当时我国南方惯用的硫酸铵的缺点：南方好些土壤为酸性土，如铵离子被水稻根系吸收后，容易使土壤增加酸性，长期施用硫酸铵，其危害性可想而知。他的意见为农业界接受，当年他的有关矿质吸收的论文，深为前苏联著名农业化学家普里亚尼什尼科夫所赞赏。

解放以前，罗宗洛的科研工作主要集中在中央大学、浙江大学和中央研究院。1933～1939年，他在中大进行了开创性的组织培养研究，协同他的学生罗士韦进行试验，以几种植物叶子的提取物，培养玉米等植物的根尖离体组织，发现这些提取液对根尖组织有促进生长的作用，为此发表了3篇英文论文。当时德国著名的《原生质》杂志邀请罗宗洛撰写有关植物组织培养的综合评论，但由于抗日战争开始，与德国的联系中断，论文未能寄出。抗日战争期间，他开始研究微量元素，设想若干种微量元素对植物具有一定的生理功能，曾指导他的学生汤玉玮和姚瑗，以微量硫酸锰引起类似著名的燕麦胚芽鞘弯曲的功能，这便是“燕麦试法”的弯曲效应。1940年，他前往贵州任浙江大学教授，在极其简陋的条件下，扩大了微量元素与植物生长发育的试验，在国内外发表了10多篇论文。1944年，他就任中央研究院植物研究所所长，仍继续其微量元素的科研工作。

1949年后，他首先从事水分生理和抗性生理的研究，亲自率队前往苏北沿海勘察营造防风林，检测在盐渍土造林失败的原因，在实验室中探讨土壤盐分和水分对树苗生长综合影响的规律，解答了盐渍土种树经常发生的一些问题，保证了沿海营造防风林的选苗标准。新中国建立初期，国家在海南岛及两广地带种植橡胶树，连年发生冻害，罗宗洛接连五次亲往以上受灾地区考察研究，弄清了寒害性质，采取了适当措施，对扩大橡胶树种植区域起了重要作用。

1958年开始，罗宗洛受命开始研究高等植物的辐射生理学，在理论上了解生物对不良环境的适应过程，在实践上探测到如何减轻辐射伤害的途径。他在辐射生理方面，一共发表了5篇论文，其研究成果，表明植物对辐射的敏感性随不同生长状态而异，生长旺盛期较敏感，分次辐射比一次辐射损伤小，间歇期的损伤能渐渐恢复。他还指出电离辐射对叶绿体功能的影响，低剂量X射线可促进叶绿体希尔反应及光合磷酸化作用处于“松懈耦联”状态，而使电子传递加速。

罗宗洛共发表植物生理学创造性论文25篇，综合评论10篇，专著3种，其他文章15篇，翻译书籍10种。

（黄宗甄）

秦仁昌 (Qin Renchang，1898～1986)

秦仁昌，字子农，植物学家。1898年生于江苏武进县，1925年毕业于南京金陵大学

林学系，获学士学位，1924～1927年任教于南京东南大学生物学系，1926年访问香港植物园标本馆，开始蕨类植物分类学研究。1929年被派往瑞典哥本哈根大学，在C·克瑞斯登生（Christensen）门下研习蕨类植物。在此期间，经常和国际知名蕨类学家探讨分类问题，并先后访问荷兰、德国、法国、澳大利亚、捷克斯洛伐克和英国标本馆查阅标本，最后在英国邱园和自然历史博物馆的标本馆专门研究中国蕨类植物，完成第一本中国蕨类植物志（英文打印本）。1930年代表中国植物学界出席第五届国际植物学代表大会。回国后，任北平静生生物调查所研究员兼标本室主任。1933年为中国植物学会发起人之一。1934年赴庐山，创建中国第一个森林植物园，并任主任。抗日战争爆发后去云南，建立庐山植物园云南丽江工作站。历任云南农业改进所所长、林业局副局长、云南大学生物学系及林学系教授兼主任。1955年被选为中科院生物学部委员，任植物研究所研究员及植物分类学研究室主任、动植物考察委员会委员、中国植物志编辑委员会秘书长。

秦仁昌的重要贡献是他建立了中国蕨类植物系统。他在1940年发表“水龙骨科的自然分类”，打破了统治蕨类植物系统学100多年的英国W·J·虎克（Hooker）系统，活跃和推动了世界蕨类植物学家对蕨类植物系统的研究；1978年，在数十年野外考察和室内研究的基础上，结合近代有关学科的成就，发表了“中国蕨类植物科属的系统排列和历史来源”，完善了他所创建的中国蕨类植物分类系统，为全国各植物标本馆所采用，其观点不同程度地被国际蕨类植物分类学家采纳。这两篇文章分别获得荷印隆福氏生物学奖和中国国家自然科学奖一等奖。秦仁昌共发表论文160多篇，出版专著和译文15部。他是中国蕨类植物学的奠基人，国际上享有盛名的蕨类植物分类学家。

（邢公侠）

张锡钧（Zhang Xijun，1899～1988）

张锡钧，字石如，著名生理学家。1899年4月25日出生于天津。1916年考入清华学堂，1920年毕业后赴美。1922年在美国芝加哥大学预科毕业获理学士学位，随后在芝加哥大学及芝加哥大学附属罗虚医学院同时攻读哲学博士及医学博士。1926年毕业时他一举获得双博士学位，轰动了美国。1926年回国任协和医院住院医师，1927年后任协和医学院生理学系助教、讲师、教授。1932年去英国进修，任英国皇家医学院研究员、瑞士苏黎世大学生理学系研究员。1934年任协和医学院生理系教授、代系主任，1935年兼授北京大学生物学系生理学课程，1941年为私人开业内科医师，天津女医院内科特约医师。1949年任北京协和医学院教务长、生理学系主任、一级教授。1950年起，任中国医学科学院实验医学研究所副所长，生理学系主任、教授，中医研究院经络研究所所长。1973年起，在首都医院基础组工作。还任中国医学科学院基础医学研究所生理室主任、研究员。1955年当选为中国科学院生物学部委员（院士）和常委。1988年3月20日病逝于北京，享年89岁。

张锡钧是神经内分泌研究的先驱，20世纪30年代他与盖达姆合作，首创乙酰胆碱（ACh）的定量生物测定法，在国际上通用几十年，现仍在应用。他还首先提出了中枢神经通过ACh进行传递的概念，从而为研究哺乳动物脑内胆碱能神经元的性质及生理功能打下了基础。他还和同事合作创立了“迷走神经垂体后叶反射理论”，开辟了神经对垂体内分泌调节作用的新途径，这是中国人自己

发现的一种反射，证明了脑垂体内分泌器官也受神经支配，受到国际生理学界的重视。他还研究了人的正常产、早产、晚产胎盘中ACh的含量，提出了分娩起因的理论、早产与晚产的机制。他结合中西医的基本理论，提出了经络、皮层、内脏相关的学说，并对经穴生理学进行了初步探讨。

张锡钧共发表学术论文和科学著述100余篇部。

（周　郑）

朱　洗（Zhu Xi，1900～1962）

朱洗，字玉文，我国著名的实验胚胎学家和细胞学家。1900年10月14日生于浙江省临海县。1919～1920年为上海商务印书馆排字工人。1920年5月赴法国勤工俭学，先后在克鲁沙等六个工厂当徒工、车床技工。1925年考入法国蒙彼利埃大学，1931年获得法国国家博士学位。1932年11月回国。1933～1934年任广州中山大学教授。1935～1936年，任北平研究院动物研究所研究员兼中法大学教授。1936年创办了上海生物研究所，任研究员兼主任。1942年他回家乡创办了琳山学校，任教员兼校长。1945年抗日战争胜利后，他返回上海，任北平研究院生理研究所研究员、所长兼台湾大学动物学系教授、系主任。1950年中国科学院成立后，历任中国科学院实验生物研究所（1978年更名为中国科学院上海细胞生物学研究所）研究员、室主任、副所长、所长。1955年当选为中国科学院学部委员（院士）。1962年7月24日逝世于上海，享年62岁。

在近40年的学术生涯中，朱洗主要围绕着动物卵球成熟、受精、人工单性生殖和杂交等领域开展研究。

1. 基础理论研究方面。早期在法国与巴德荣教授合作，进行了两栖类杂交的细胞学研究和卵裂节奏的实验分析，阐明了两栖类杂交子代可以发育、不能发育和子代不孕的原因；提出受精可分为激动、修整和两性结合三个阶段和卵裂节奏的“时空秩序”概念，并发展了卵球成熟、受精的“中毒排毒”理论。1932年回国后，与王幽兰等合作，在两栖类卵球的成熟、受精和人工单性生殖研究中，发现简单的渗透压作用能使黑斑蛙和蟾蜍卵球在离体培养下成熟，少数开始单性发育；创建了激素诱发蟾蜍和黑斑蛙卵巢离体排卵与成熟的实验体系，在离体情况下，可以观察到各种精确的动态变化；发现了低温休眠是中华大蟾蜍卵球成熟的决定因素；根据离体卵巢排出的裸卵不能受精的现象，系统分析了卵外黏膜与受精的关系，发现输卵管的分泌物是蟾蜍卵球受精的决定物质，提出两栖类受精的“三元论”，纠正了“唯卵的单元论”和“精卵相互抗衡的二元论”的偏颇；培育成功世界上第一批“没有外祖父的癞蛤蟆”，证明卵球具有整套发育成个体的物质基础以及人工单性生殖的子代能传种接代；阐明了两栖类和鲤科鱼类不同成熟程度卵球受精与胚胎发育的关系，卵球的成熟分为不够成熟、适当成熟和过分成熟三个时期以及两个过渡阶段，惟有适当成熟时期的卵球受精后才能正常发育。同时，与王高顺等合作，进行了家蚕混精杂交研究。传统的观点认为只有同卵核结合的精子对子代遗传性有影响，他发现逾数精子能影响子代的性状，认为逾数精子（未与卵核结合的）可能与这些特征的出现有关。这一系列独创性的基础理论研究成果得到了国内外学术界高度的评价。

2. 应用研究方面。朱洗重视实践，坚持理论联系实际，十分关注生产领域中的重大生物学问题，在以上这些理论成果的基础上，为蓖麻蚕引种、驯化、培育、推广与家鱼人

工繁殖解决了关键性问题，为我国经济建设做出了重大贡献。(1) 蓖麻蚕的引种驯化。1951 年，与张果、蒋天骥、王高顺等合作，把印度的蓖麻蚕引入我国，经培育驯化，解决了蓖麻蚕的饲育方法、保种及软化病的防治等问题。1954 年在安徽省试养之后，在全国 23 个省市推广。蓖麻蚕丝条是扁曲的，易与羊毛混纺成丝毛织品，为纺织工业增加了一种新的原料，也为农村增加了一项新的副业。(2) 家鱼人工繁殖。1956 年，他在制订我国 12 年科学技术发展规划会议上，提出“家鱼人工生殖的研究”课题。与王应天、王幽兰等合作，在浙江省淡水所等单位协作下，于 1958 年秋季，在国际上首次用绒毛膜促性腺激素 (HCG) 注射池养鲢、鳙鱼取得成功，获得三万多尾鱼。在家鱼生殖腺发育调查中，发现池养家鱼生殖腺能发育成熟，否定了池养家鱼生殖腺不能发育的错误论点。接着，他又解决了家鱼培育、催产和人工孵化等关键性问题。1961 年后，在全国 26 个省市推广就地按需要人工繁殖鱼苗技术，促进了我国淡水养殖事业的蓬勃发展。有关学者认为，这是我国建国以来淡水鱼养殖事业在理论上和实践上的重大突破。

朱洗发表有代表性的学术论文 60 余篇，著书 20 余卷，共 450 多万字，其中有专著《生物的进化》，译著《脊椎动物发生学》，科普著作《现代生物学丛书》以及遗著《鱼类的生殖子代的发育、生长与变态》等。

(林志春)

乐天宇 (Le Tianyu，1900～1984)

乐天宇，农林生物学家、教育家。1900 年出生于湖南宁远县。1920 年考入国立北京农业大学，边学习边从事政治活动。30 年代先后在河南、湖南和陕西等地从事教学或农林行政工作。1939 年在延安自然科学院任农科主任、生物学系主任等，从事农林、生物方面的教学和资料调查工作，1941 年在延安出版的《中国文化》第 3 期上有他的“遗传正确应用之商讨”一文，批判西方国家根据遗传学原理培育农作物新品种的方法，称在解放区就“再没有摩尔根等唯心论学派的技术设施”。1945 年 11 月延安自然科学院搬迁，1948 年至石家庄一带。在张家口与石家庄时，与其他学校合并，成立华北大学，他任该校农学院院长，开始建立研究李森科主义为重点的农业生物学科学研究室，并创办《农讯》。1949 年春，组织米丘林学会，宣传李森科主义。1949 年 9 月，该农学院与北京大学、清华大学农学院合并，成立北京农业大学，他任校务委员会主任 (相当校长)。乐天宇在中国学习李森科主义的过程中起了主要的作用。1951 年校务委员会主任职务被解除，调任中国科学院遗传选种实验馆馆长；1952 年 5 月竺可桢副院长宣布撤消乐天宇馆长职务，分配去华南农垦局工作。1980 年在宁远创办九嶷山学校。

(李佩珊)

伍献文 (Wu Xianwen，1900～1985)

伍献文，动物学家、教育家。中国鱼类学和水生生物学的奠基人之一。1900 年 3 月 15 日生于浙江瑞安。1927 年毕业于厦门大学动物学系，1929 年赴法国留学，1932 年获巴黎大学科学博士学位。1948 年曾任中央研究院动植物研究所研究员，中央大学、复旦大学、江苏医学院教授。1948 年曾当选为中央研究院院士。全国解放后，历任中国科学院武汉分院院长，水生生物研究所一级研究员、所长。1955 年当选为中科院生物学部委员 (院士)。曾任国家科委水产组副组长，国务院科学规划委员会委员，中国海洋湖沼学会、鱼类学会名誉理事长，国际环境毒理学会会

员等。在动物分类学、形态学、线虫学等方面都有很深的造诣和广泛建树，并造就和培养了一批科技人才。他的许多学生已成为知名的学者。他在国内外学术刊物上发表85篇论文，出版5部专著。他领导和编写的《中国鲤科鱼类志》上、下卷，获全国科学大会奖，1982年荣获全国自然科学二等奖。他解剖和观察了具有代表性的78属、123种鱼骨骼，并应用国际新技术处理分析研究结果，1981年在《中国科学》上发表了“鲤亚目鱼类的一个新的分类系统及其科间系统发育的相互关系”等论文，其成果已被加拿大尼尔森(J. S. Nelson)教授引用于权威性专著《世界鱼类》中。该项成果荣获中科院科技进步奖二等奖。

伍献文在线虫学上所做的贡献，也深受国内外专家的推崇。所发现和描述的寄生性和自由生活线虫共计61种，其中包括3个新属、32个新种和新亚种。该成果得到了前苏联著名寄生虫学权威斯克里亚宾(K. E. Skrjabin)院士的高度评价，并在其权威专著中全部引用。

在伍献文的指导下，在位于武汉市的水生所内建立了亚洲最大的淡水鱼类博物馆，成为国际鱼类学研究的一个中心。由于伍献文的突出贡献，1983年被选为英国林奈学会外籍会员（相当于院士），是该学会惟一的中国籍会员。

1970年底长江葛洲坝水利枢纽工程动工兴建后，多数水产科技人员认为必须建过鱼设施，少数科技人员反对建过鱼设施，为此而长期争论不休。伍献文应国家农委的要求，查阅分析了水生所的有关调查材料，于1981年2月慎重地写成了“葛洲坝水利枢纽修建鱼道问题应慎重考虑”的建议，主张不建鱼道，设立鲟鱼人工孵育场，培育鲟鱼种放回长江，以保护鲟鱼资源。此后，他和水生所鱼类学家们预测中华鲟能够在坝下段自然产卵、繁殖。国务院采纳了他的建议，为国家节约了5 300万元的经费。到1982年11月，事实证实了中华鲟可以在坝下产卵繁殖。伍献文1985年4月3日逝世于湖北武汉，享年85岁。

（刘建康）

刘承钊 (Liu Chengzhao，1900～1976)

刘承钊，著名动物学家、两栖类动物分类区系专家。1900年出生于山东省泰安县。1927年燕京大学生物学系毕业，获学士学位。毕业后留校任助教，同时攻读硕士学位，1929年获得理学硕士学位。1929～1932年任沈阳东北大学、北京燕京大学讲师。1932年去美国康奈尔大学动物学系留学，1934年获得博士学位，并获生物科学教育和研究两枚“金钥匙”荣誉奖。1933年暑假曾到美国华盛顿、纽约、波士顿、哈佛、费城等城市的自然历史博物馆查阅有关我国的两栖动物资料。1934年又赴英、法、德、奥等国主要自然历史博物馆查阅有关我国的两栖动物标本资料。1934年回国后任苏州东吴大学生物学系教授。抗日战争爆发后，随校迁至成都，继续任教。1939年任成都华西协和大学生物学系教授，1943年曾兼任成都燕京大学生物学系主任、理学院院长。1946年应美国国务院聘请进行学术交流，并被邀请为芝加哥自然历史博物馆名誉研究员。1947年被邀为美国鱼类学、两栖爬行类学学会的国外终身名誉会员。1950年任北京燕京大学生物学系教授兼系主任，1951年任成都华西大学校长，1953年起任成都四川医学院院长直至逝世。1955年当选为中国科学院学部委员（院士）。1976年在成都病逝，享年76岁。

刘承钊50年来一直坚持两栖动物分类的基础理论研究。在解放前极其困难的条件下，在完成教学任务的同时，对我国西部的

两栖动物进行了深入的调查和采集。经仔细的分析研究，在美国芝加哥写出了《华西两栖类》(英文)，1950 年在美出版后，受到了欧美同行的重视。解放后他领导和组织了两栖动物分类区系研究，和同事们先后在东至沿海，西至天山，南至琼崖，北至阿尔泰山，包括14 个省的广大地区内进行调查采集，获得了大量的标本和资料。在胡淑琴的合作下，编写了《中国无尾两栖类》一书。全书近50 万字，记载了我国无尾两栖类7 科20 属共120 个种及亚种，其中由刘承钊或与合作者共同定的新种及新亚种达60 余种。该书不仅进行分类，而且还结合生态、生活史和地理分布等资料探讨了若干类群间的亲缘关系。该书出版后受到国内外有关学者的重视和好评，认为是我国无尾两栖类分类区系学中的一本权威性著作。

刘承钊共发表论文、专著60 余篇部。

（周　郑）

饶钦止 (Rao Qinzhi，1900～1998)

饶钦止，字考祥，藻类学家。中国藻类学奠基人。1900 年 2 月 22 日生于重庆市。1920 年成都高等师范学校毕业，1922 年北京师范大学生物学系研究生科毕业后留校任教，1931 年晋升为副教授。1932～1935 年先后在美国密执安大学获文学硕士和哲学博士学位，毕业后在伍兹霍尔海洋生物实验室、华盛顿大学海洋实验室、哈勃肯斯海洋研究所和夏威夷海洋研究所从事藻类研究工作。1936 年回国后开始创建和发展我国藻类学研究工作。1936～1950 年先后任中央研究院动植物研究所和植物研究所研究员，1950 年任中国科学院水生生物研究所研究员。1961～1981 年任中国科学院水生生物研究所副所长，并先后兼任复旦大学、武汉大学、上海水产学院等大学教授。从20 世纪30 年代开始从事藻类学研究，在60 多年漫长的科研生涯中，他的足迹遍及大半个中国，研究工作涉及藻类的所有门类，是我国藻类学的一代宗师。他还在湖泊学、淡水鱼类养殖学等学术领域作出了重要建树。他主编专著5 部，发表学术论文78 篇。他的学术著作和科研成果多次获国家自然科学奖、中国科学院自然科学奖、香港求是科学基金杰出科技成就奖等多项奖励。他是全国政协第五届委员会委员，第四届、第五届政协湖北省委员会副主席。

饶钦止的主要贡献在淡水藻类分类学和系统演化领域，同时在湖泊学和淡水鱼类养殖学方面也有重要建树。

1. 淡水藻类分类学及系统演化　饶钦止在学术上的最大贡献是淡水藻类分类与系统演化研究。他的第一篇藻类学论文发表于1935 年，直至1998 年发表最后一篇论文，一生从未间断藻类学研究，他建立的1 个新科——饶氏藻科 (Jaoaceae，1964)，早已被国外藻类学权威著作收录。另外，他还发现报道 10 个新属、615 个新种（包括新变种变型)。

1935 年他发表的“四川的双星藻科”论文成为研究该科的经典文献，至今仍被广泛引用。他主编的《中国淡水藻志》(双星藻科)(1988) 在以往研究工作的基础上又有新的发展，他对该科的接合孢子囊的概念重新加以订正，根据有无真正接合孢子囊的孢子类型重新安排了该科各属的次序，将无真正孢子囊的双星藻属 (*Zygnema*) 等放在最前，而将以往放在最前的转扳藻属 (*Mougeotia*) 置于其后，改变了以往该科国内外出版的专著的传统排列方式，使排放次序更合理。《中国鞘藻目专志》是饶钦止几十年研究的另一重要成果。虽然饶钦止生前未能出版“绿球藻目”(Chlorococcales) 分类系统研究专著，但他在1983 年的授课中，明确将绿球藻目分

为4个亚目，改变了过去没有建亚目，只分10多个科的传统观点。1943年他还在嘉陵江发现了两种淡水褐藻，是世界上有关淡水褐藻的最早记录，比国外学者同类报道早20多年。

2. 湖泊学　新中国成立前，湖泊学研究几乎是空白，1950年开始，饶钦止一方面亲自率队深入进行湖泊调查，同时为了统一调查的方法，组织有关专家编撰《湖泊调查基本知识》一书（1956，科学出版社）。这是我国第一部湖泊调查的综合性参考书，为我国湖泊学研究做出了重要贡献。

3. 淡水鱼类养殖学　我国淡水鱼类养殖历史悠久。饶钦止承担了主持编著《中国淡水鱼类养殖学》（第一版）一书的重任，从开始筹划到全书完成，他倾注了巨大的心血，使这部近70万字的皇皇巨著在1961年出版（科学出版社）。《中国淡水鱼类养殖学》是我国淡水鱼类养殖历史和现实经验的科学总结，被誉为中国淡水鱼类养殖的百科全书，它的出版有力地推动了我国淡水水产养殖业的发展。

（胡鸿钧）

斯行健（Si Xingjian，1901～1964）

斯行健，字天石，我国著名古植物学家。1901年3月11日生于浙江省诸暨县。1926年毕业于北京大学地质学系。1926年任广州中山大学地质学系古生物学助教。1928年兼任两广地质调查所助技。1928年赴德国留学，师从德国古植物学大师高腾。1931年获理学博士学位。1932年在瑞典自然历史博物馆从事研究工作，1933年回国。1933～1936年先后任清华大学和北京大学教授。1937年任南京中央研究院地质研究所研究员。南京沦陷前随地质所撤至广西桂林。1944年又撤至重庆北碚，转至经济部中央地质调查所。1947年赴美进行学术考察和访问。1948年回到南京。1951年中国科学院古生物研究所成立，1952年起担任所长直至逝世。1955年当选为中国科学院生物地学部（后为地学部）委员（院士）。1964年7月19日病逝于南京，享年63岁。

斯行健是我国古植物学的奠基人之一，主要贡献在我国古植物的分类和演化，陆相地层的划分和对比及其对地质时代的鉴定和古植物地理的分区方面。在古植物学基本理论研究方面，最主要的著作是1952年的《中国上泥盆纪植物化石》和1956年的《陕北中生代延长层植物群》两部。前者首次在中国发现和研究晚泥盆纪植物化石。后者是40余万字的巨著，详细描述了20余属60余种古植物，内容多有创见。1951年发表的“植物化石鉴定时代的价值”和“动物与植物在各地质年代发生和进化速度”，阐述了植物化石在地质实践中的应用和意义。1953年的《中国古生代植物图鉴》，1954年与徐仁合编的《中国标准化石植物》两书，是当时地质古生物工作者的必备参考书。遗著《内蒙古清水河地区及山西河曲晚古生代植物群》一书是迄今为止系统研究中国晚期华夏植物群和探讨当时古气候环境的重要著作。

斯行健共发表论文119篇，专著16部。

（周　郑）

邓叔群（Deng Shuqun，1902～1970）

邓叔群，又名子牧，著名真菌学家、植物病理学家和森林学家，中央研究院院士、中国科学院学部委员。1902年12月出生于福建省福州市，1915年考入北京清华学堂，1923年公费留学美国，入康奈尔大学，获植物病理学博士及森林学硕士学位。1928年回国，先后任岭南大学、金陵大学教授，中国科学社生物研究所和自然博物馆研究员，中央研

究院研究员、中央研究院实验研究所副所长。解放后，任沈阳农学院和东北农学院副院长，中国科学院应用真菌所和微生物研究所副所长，直至1970年逝世。

邓叔群早期侧重于林业、植物病理研究，后来从事粘菌、真菌的分类研究，1939年完成的英文著作《中国高等真菌》，集我国真菌研究之大成，奠定了这一学科的基础。他在1932～1940年间，在真菌分类学上发表了新属5个，120个新种，为国际所公认，并被列入英国真菌研究所编的《真菌学辞典》。他亲手采集鉴定的真菌标本有数万份，亲自定名的有3 400种，占全国真菌定名的一半以上，其中2 400种已载入他的100余万字的专著《中国的真菌》。在真菌研究方向，发表了约40篇论文。在1957～1965年间，邓叔群亲自跋山涉水采集标本，就地绘成油画彩图，并深入民间调查访问。经多年辛勤劳动，撰写成《蘑菇谱》，其中有600多种可食与有毒蘑菇的识别方法，各种食用蘑菇的营养价值，毒菇的类型、毒素的特性、中毒症状、解毒方法等，为食用菇的开发利用提供了科学依据。

邓叔群早在20世纪30年代初就注意生态学的研究。抗日战争期间，在西北黄土高原地区建立了一种有利于农林牧业生产的生态系统，用以减轻黄河对其下游地区的危害。他制定的一套保证更新量，营造量大于采伐量的经营制度，迄今仍被当地林业部门沿用。他早年就为黄河上游的水土保持和森林保护做出了重大贡献。其间发表的重要论文有："中国森林地理概要"、"今日中国的林业问题"（英文）、"我国天然林管理法之研究"、"西藏东部高原的森林地理"（英文）、"甘肃林区及其生态"（英文）、"甘肃林业的基础"等，是中国生态林业学说的倡导者和林牧结合基地的建立者。

邓叔群在植物病理，特别是在小麦、水稻、棉花病害研究方面，造诣很深，并发表了多篇重要论文。

（王　晨）

童第周（Tong Dizhou，1902～1979）

童第周，字蔚孙，实验生物学家、教育家，中国实验胚胎学的奠基人之一。1902年5月28日生于浙江省鄞县。1927年毕业于复旦大学生物学系。1928～1930年任南京中央大学生物学系助教。1934年获比利时比京大学博士学位。1934年底回国后到1937年，任青岛山东大学生物学系教授。1938～1941年，在四川成都任中央大学医学院教授。1941～1943年，在四川李庄任同济大学教授。1944～1946年，在四川北碚复旦大学心理生理研究所任研究员，兼任复旦大学生物学系教授。1946～1948年，在青岛山东大学动物学系任教授兼系主任。1948年当选为中央研究院院士。1948～1949年应美国洛氏基金会邀请到美国耶鲁大学任客座研究员。1949年继续担任山东大学动物学系教授兼系主任，1950年兼任中国科学院实验生物研究所副所长和水生生物研究所青岛海洋生物研究室主任。1951年任山东大学副校长。1955年当选为中国科学院学部委员（院士），并任生物学地学部副主任，兼中国科学院青岛海洋生物研究室主任，后该室改为青岛海洋生物研究所，他改任所长。1960年，生物学地学部分为生物学部和地学部，他任生物学部主任。1960～1962年兼任中国科学院动物研究所所长。1977年任动物研究所细胞遗传学研究室主任。1978年任中国科学院副院长。

童第周在制定"国家12年（1956～1967）科学技术发展远景规划"、"1963～1972年科技十年规划"和后来的"基础学科长远规划"期间，参与领导有关生物学方面规划的编制工作。从1956年至60年代初，任中国、

苏联、朝鲜、越南四国渔业委员会副主任委员。1979年3月31日病逝于北京。

1930～1934年，童第周在比利时的比京大学布拉舍（A. Brachet）实验室研究棕蛙（*Rana fusca*）卵子受精面与对称面关系的研究中，证明对称面不完全决定于受精面，而决定于卵子内部的两侧对称结构状态。1934年回国后，在青岛研究海鞘卵质中的成分在受精前的定位，证明了在未受精卵子中已经存在着器官形成物质，而且有了一定的分布，精子的进入对此没有决定性的影响。另一方面，观察到内胚层和外胚层似乎有相当的等能性，而且吸附乳头和感觉细胞的形成依赖于外来因素，说明了卵质对个体发育的重要性。这项研究成果是具有开创性的。抗日战争期间，他的主要工作是两栖类胚胎的纤毛运动和鱼类卵子中器官形成物质的定位。

他在20世纪40年代开始的实验结果证明，在金鱼的卵子中，赤道线以下植物性半球的一端，含有一种有关个体形成的物质，它在发育早期由植物性极逐步流向动物性极，是形成完整胚胎不可缺少的物质基础。这项工作的论文是鱼类实验胚胎学方面的重要历史文献。

文昌鱼在生物进化中占有重要的地位，它是脊椎动物的祖先。童第周和他的同事们对文昌鱼胚胎发育机理研究的主要贡献有：1. 发现文昌鱼卵子分裂球在发育过程中的调整能力一方面依靠卵子中预定的器官形成物质为基础，另一方面还要根据各分裂球之间的相互作用，使正常的发育在二者精密配合的情况下完成，因此文昌鱼的卵子发育不是过去学者所认为的嵌合类型，而是具有一定的调节能力。2. 探讨了文昌鱼卵子的预定器官形成物质的分布区域，制出了8细胞和32细胞时期器官预定形成物质的分布图谱，为阐明早期胚胎的器官分化提供了实验依据。并进一步指出文昌鱼卵的动物性半球决定个体的极性和器官形成，但这不是孤立的，它也受到来自植物性半球物质的诱导和制约。3. 认为外胚层细胞的可塑性比内胚层细胞大，容易受内胚层细胞影响转化为内胚层细胞。内胚层细胞也能改变性质转化为类似外胚层的细胞，但需要有更适当的条件。这说明细胞的定位和细胞质的分化状态对个体发育有明显的作用。童第周还进一步论证了文昌鱼在进化上的地位是属于介乎无脊椎动物和脊椎动物之间的过渡类型。

童第周晚年的主要工作是关于细胞核与细胞质的关系研究。他确信在个体发育过程中，细胞核和细胞质的关系，不仅仅是细胞核决定细胞质发育的方向，而是细胞质也能决定细胞核的命运，核与质之间不是彼此完全孤立，而是有非常密切的关系的。在构造上它们沟通，在功能上它们可以互相激发和抑制。童第周和他的同事们证明，在核质杂种鱼中性状的出现不是完全受细胞核控制，细胞质也有它的作用，关键在于核、质间性质的差异程度和它们之间的相互作用。鱼类细胞核在异种的细胞质内，经过多次分裂和复制后，在生理或性质上有发生变化的可能。例如，童第周等发现鲤鱼胚胎的细胞核被移植到鲫鱼的去核卵内（这是不同属远缘鱼类间的核移植）能获得核质杂种鱼，它们的形状有类似于细胞核供体鱼（鲤鱼）的（如有口须），有中间型的（如侧线鳞片的数目），也有类似于细胞质受体鱼（鲫鱼）的（如脊椎骨数目）。

他在有关经济动物的养殖、有害动物的防除等应用研究上，也取得了对生产实践有重要意义的成果。如将杂交细胞的研究应用于肿瘤防治、将鱼类细胞核移植的研究应用于鱼类品种改良等。

他为我国的生物科学界培养出了一大批

优秀的学生。

童第周共发表论文60余篇，专著3部。

（严绍颐）

贝时璋 (Bei Shizhang，1903～　　)

贝时璋，生物学家。中国生物物理学奠基人之一。1903年10月10日生于浙江省镇海县。1921年毕业于上海同济医工专门学校(同济大学前身)医预科,先后在德国福莱堡、慕尼黑和土滨根三所大学学习，研究无脊椎动物的个体发育、细胞常数和再生。1928年获自然科学博士学位，留在土滨根大学动物学系任助教。1929年秋回国后任教于浙江大学，并负责生物学系的筹建工作。他确定生物学系以发展实验生物为主要方向，亲自执教生物学系的主要课程。在浙大20年的教学生涯中，培养了大批杰出的实验生物学家和学科带头人。1947年秋，他代表中央研究院去瑞典参加国际细胞学会议。1948年当选为中央研究院院士。1949年被推为荷兰国际胚胎学研究所成员。杭州解放后，他被任命为浙江大学理学院院长。1950年调任中国科学院上海实验生物研究所所长。1955年当选为中国科学院学部委员(院士)。1956年任中国科学院北京实验生物研究所所长。1958年，在他倡导下，组建中国科学院生物物理研究所和中国科技大学生物物理学系，他本人被任命为生物物理研究所所长并兼任中国科技大学生物物理学系系主任。同年任《中国科学》编辑委员会副主任。1979年任《中国大百科全书》总编辑委员会副主任兼《生物卷》编委会主任。1983年12月任中国科学院生物物理研究所名誉所长。

1955～1977年期间，他先后参加国务院主持的“国家12年（1956～1967）科学技术发展远景规划”的编制工作，以及参加起草“中国科学院十年发展规划”、“基础科学发展规划及长远规划”等。

贝时璋在科研工作上的主要业绩和学术贡献有：在我国创建了生物物理学的科研新领域；开拓放射生物学、宇宙生物学研究领域，为我国医学生物学发展做出了贡献；首创“细胞重建”学说，为生命科学研究提供了新途径。

早在20世纪20～30年代,贝时璋就认识到生命问题有多学科参加研究的必要。在50年代，他就看到了学科相互渗透的必然，明确提出要研究外界物理因素对生物机体的影响,研究生物机体内物理化学过程的新概念。在60年代，他已注意到生物与环境、整体与部分、结构与功能、微观与宏观、个体发育与系统发育的关系以及物质、能量、信息、力的作用，提出了开展细胞结构与功能、生物控制与信息以及量子生物学、分子生物学、细胞生物学、神经生物学等的研究，把物理科学的思想、方法、概念引入生命科学。经过几十年的努力，由他创建的生物物理研究所已在分子酶学、晶体结构分析、生物膜、神经生物学等领域取得了具有国际水平的丰硕成果，为深化生命科学的研究开辟了广阔的前景。

为满足我国和平利用原子能事业的需要，在1964年，他组织了核武器对动物远后期生物效应及原子弹对爆炸现场的放射性本底及影响的调研。同时，他亲身指导开展了辐射原初反应、放射病早期诊断、辐射防护、药物筛选、内照射危害及排除、辐射剂量仪器研制等全方位的辐射生物学研究工作。与此同时，为适应我国航天事业的发展，在20世纪60年代初，他领导生物物理所不失时机地通过国家发射生物探空火箭的契机，开拓了我国宇宙生物学的科研新领域。经过与有关部门协作，成功发射了我国第一枚生物探空火箭，对飞行实验动物和生物样品进行了

多方位的研究，取得了有重要意义的成果，填补了我国在放射生物学和宇宙生物学领域的空白。

贝时璋最重要的研究成果是“细胞重建”。他在1932 年发现丰年虫（*Chirocephalus nankinensis*）中间性（intersex）个体，这是世界上首次报道。他根据染色体和第二性特征，将中间性个体分为五种类型，并研究了它们在性转变过程中生殖细胞的变化，提出细胞解体与细胞重建的关系。在20 世纪70 年代以后，他又组织并亲身参与对鸡胚、小鼠骨髓、沙眼衣原体、大豆根瘤菌等在细胞、亚细胞和分子水平上的大量科学试验，进一步证明了细胞重建在自然界内的广泛存在，并揭示了细胞重建物质基础之一的卵黄颗粒中存在着染色质、DNA、组蛋白等重要的生命物质。这一重要发现，为细胞起源和生命进化提供了重要的阐释，已引起国内外同行的重视。

在70 年的教学和科研工作中，他培育了大量科技人才，开拓了新的科研领域，探索生物奥秘，被学术界誉为中国生物学界的宗师。

贝时璋共发表学术论文 50 多篇，专集 1 册。

（陈楚楚）

汤佩松（Tang Peisong，1903～2001）

汤佩松，著名的植物学家、普通生理学家、生理化学家。中国植物生理学研究和教育先驱和奠基人之一。1903 年11 月12 日出生于湖北省浠水县。1917 年人清华学校留美预备班；1925 年就读于美国明尼苏达大学植物学系；1928 年转入约翰・霍普金斯大学攻读博士，1930 年获哲学博士学位，后在哈佛大学工作3 年。1933 年回国，任武汉大学生物学系教授，创建普通生理学研究室，1937 年筹建贵阳医学院，任生化系主任。1938 年到昆明清华大学创办植物生理学研究室，1946 年任清华大学农学院院长。1948 年当选中央研究院院士，1949 年任北京农业大学校委员会副主任，1952 年任中国科学院上海植物生理研究所研究员，1954 年任北京大学生物学系教授、植物生理学教研室主任。1955 年当选为中国科学院生物学部委员（院士）。1956 年组建中国科学院北京植物生理研究室，任主任。1965～1979 年任中国科学院植物研究所副所长，1979～1983 年任所长。1963 年参加组建中国植物生理学会，1978 年任中国植物学会理事长，历任中国植物学会名誉理事长，中国科学院植物研究所名誉所长，北京大学生物学系教授。1975 年和1979 年先后被美国植物学会和植物生理学会选为通讯会员（终身），并任国际著名刊物《光生物化学和光生物物理学》编委，1983 年应邀为《植物生理学年评》撰写了卷首语。

2001 年9 月在北京逝世，享年98 岁。

（匡廷云　梁　峥）

裴文中（Pei Wenzhong，1904～1982）

裴文中，字明华，著名古人类学家、史前考古学家。1904 年1 月19 日生于河北省丰南县。1927 年毕业于北京大学地质学系。1928 年参加周口店中国猿人遗址的发掘工作。1935 年去法国攻读旧石器时代考古学，1937 年获巴黎大学理学博士学位。回国后任实业部地质调查所技正兼周口店办事处主任，解放后历任文化部社会文化事业管理局博物馆处处长，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员，北京自然博物馆馆长，中国社会科学院考古研究所研究员等。1955 年当选为中国科学院地学部委员（院士）。1982 年9 月18 日在北京逝世，享年78 岁。

裴文中早年从事周口店中国猿人遗址的

发掘工作，因发现中国猿人第一个头盖骨而闻名。这一划时代的发现以及中国猿人石器的发现和研究震动了当时国际学术界，揭开了人类研究史上新的一页。之后他系统地研究周口店第1地点食肉目化石，并写出了专著。此后他陆续研究和发表了有关周口店不同时代、不同地点哺乳动物群的著作，为中国史前时期考古学的发展做出了重要贡献。20世纪50年代起领导了广西洞穴的考察，找到了巨猿化石的原产地和确切层位，解决了巨猿是猿还是人的疑难问题。同时还研究了四川资阳人遗址和山西丁村旧石器时代遗址，将丁村动物群的时代定为晚更新世的早期。60年代他继续领导发掘周口店中国猿人遗址、内蒙古萨拉乌苏遗址和贵州观音洞遗址，对我国第三纪和第四纪地层的分界线提出系统的看法，并把中国第四纪哺乳动物的区系划分为4大区。这些学术论著为国内外同行广为应用。

裴文中共发表各种论著70余篇部。

（周　郑）

刘思职 (Liu Sizhi，1904～1983)

刘思职，著名生物化学与免疫化学家。1904年3月15日出生于福建省仙游县。1921年入厦门大学化学系学习，1924年去美国留学。1925～1926年在美国西南大学物理学系学习。毕业后又入堪萨斯大学研究院继续深造，1929年获得博士学位后回国。1929～1930年任上海大夏大学教授，1930～1942年历任北京协和医学院教员、生化系助教、副教授。1934～1935年在协和医学院工作期间曾去德国留学，在威廉研究院细胞生理研究所作研究生，后又去英国剑桥大学摩丁诺研究所从事研究工作。1942年后任北京医学院生物化学教研室教授、主任。1957年当选为中国科学院生物学部委员（院士）。1983年在北京逝世，享年79岁。

刘思职长期从事生物化学与免疫化学的研究。1930～1941年间，他的研究范围涉及超声波的作用机制、超声波对蛋白质的变性作用以及蛋白质的物理化学等方面。但他这时期最主要的是对免疫化学的研究，如抗原抗体的结合、抗原抗体复合物的解离和抗原抗体的提纯等。他的导师吴宪是国际上定量免疫反应的首创者。刘思职的研究工作都是在他的实验室里进行的，而且大部分是与吴宪合作的。他们制定了自抗原抗体的结合物（沉淀物）分离出抗体及抗原的方法，并推断其理论根据。他们证明用不同抗原同时注射时，产生的血清抗体各为独立而不相混淆的物质。他们还研究用甲醇低温处理免疫血清并用以确定抗体在血清中的部分，结果获得一种免疫性甚高的碱性蛋白，并证明其为抗体蛋白。他们合作所取得的成果，把免疫反应纳入定量化学的轨道，使抗原与抗体的关系更为明确。

刘思职共在国内外发表论文40余篇，著作4部。

（周　郑）

陈世骧 (Chen Shixiang，1905～1988)

陈世骧，昆虫学家、进化分类学家。浙江省嘉兴县人。1928年毕业于上海复旦大学生物学系，同年赴法国留学，1934年获巴黎大学博士学位后返国效力，任中央研究院自然历史博物馆及动物学研究所研究员。自1950年起，历任中国科学院实验生物研究所昆虫学研究室研究员兼主任，昆虫研究所所长、动物研究所所长，1982年任名誉所长。1955年当选为中国科学院生物学部委员。曾任中国昆虫学会理事长、中国动物志编辑委员会主任等职。

陈世骧毕生从事叶甲系统分类研究，并

以其总结的“又变又不变的物种概念”为理论核心，全面论述了物种概念、系统原理和特征分析，综合为进化分类学的一个理论体系，为生物分类学做出了理论贡献。他的主要学术贡献如下：

1. 又变又不变的物种概念：物种有变的一面，又有不变的一面，变与不变是辩证的关系，是相辅相成的，进化是在物种又变又不变的矛盾中进行的。

2. 物种概念与分类原理：分类系统是进化历史的缩影，是分类特征反映进化历史。分类工作的关键在于对特征的分析。分析分类特征，首先应把特征分为两类：新征与祖征。种征是物种的新征，代表物种变的一面；每一物种又都具有它所隶属的一系列上级单元之特征，是物种所保持的祖征，代表物种不变的一面。同一特征，在这一情况下是新征，是变的产物；在另一情况下是祖征，是不变的保持。

3. 物种概念与选择原理：自然选择可分为前进性选择和稳定性选择，前者是变的促进，后者是变的抑制。所以自然选择的作用也是又变又不变的。选种工作同样地贯彻着变与不变的矛盾。良种选育是从旧变新的过程，选成后的保育是保持不变的过程。人工选择是不断地选种与保持，不断地“选－保－选”的过程，始终贯彻着变与不变的矛盾。所以又变又不变的物种概念亦是自然选择学说的理论依据。没有变，便没有选择与进化；没有不变，也不会有进化，自然选择学说就不能成立了。另外，他在生存斗争与自然选择、昆虫进化的三大阶段的论述中，把生命史的重大创新和突破总结归纳为“生物进化史上的十件大事”诸方面，丰富和发展了进化论学说。

（章有为）

郑作新（Zheng Zuoxin，1906～1998）

郑作新，鸟类学家、动物地理学家。中国鸟类学和动物地理学奠基人。1906年11月18日生于福建省长乐县。1926年毕业于福建协和大学，同年秋季进入美国密歇根大学研究生院生物学系学习动物学。1930年获博士学位，并获“金钥匙”奖。1930～1947年任福建协和大学生物学系教授兼系主任、教务长及理学院院长，1936～1940年兼任福建科学馆生物学部主任，1945～1946年应邀赴美任美国国务院文化司客座教授，1947～1949年任南京国立编译馆自然科学组编纂兼中央大学教授。1950～1998年历任中国科学院动物研究所研究员、中国科学院学部委员、中国科学院院士、中国科学院标本整理委员会委员兼秘书、中国科学院编译局自然科学名词室编审及主任、中国科学院动物研究所鸟类研究室及脊椎动物区系分类室主任、北京自然博物馆业务副所长兼自然历史研究所所长、中国动物学会理事长及名誉理事长、中国鸟类学会理事长及名誉理事长、中国科技协会全国委员会第二届委员、中华人民共和国濒危物种科学组组长、中国野生动物保护协会副会长，先后兼任北京大学、北京师范大学、西北大学、兰州大学、山东大学等生物学系教授。他是日本、德国、英国、美国等国鸟类学会通讯会员及美国鸟类学会荣誉会员，世界雉类协会副会长、会长、终身荣誉会长。

郑作新是我国鸟类学奠基人。抗日战争爆发后，他和福建协和大学内迁到闽北山城邵武。在那极为艰难的战争岁月里，他和他的学生深入到武夷山深山密林中开展鸟类调查研究工作。发表了“三年来邵武野外鸟类观察报告”论文，这是我国关于鸟类数量统计的第一篇报告。1947年发表了“中国鸟类名录”专题论文，首次系统地调查了中国鸟

类的家底。

20 世纪50 年代以后，郑作新和助手们踏遍了长城内外、大江南北的山山水水，采集到近10 万号标本，建立了全国规模最大的鸟类标本馆——中国科学院动物研究所鸟类标本馆。先后出版了《中国鸟类分布名录》(1958、1978 年两次出版) 和《中国鸟类区系纲要》。这些专著是中国现代鸟类学学者和外国学者对中国鸟类研究必不可少、极为珍贵的参考书。

郑作新是中国动物地理学的开拓者。他根据对中国鸟、兽的特有种、优势种及主要经济种分布状况的分析，以及对中国特殊的自然地理位置和地质古地理历史的研究，于1959 年首次提出了“中国动物地理区划”，以秦岭为古北界和东洋界在我国的分界线，改变了传统的以南岭为界的提法，并将我国划分为7 个一级区、16 个二级区。这种区划在动物地理上有世界意义，并得到国内外专家的公认，且一直沿用至今。

郑作新是自然保护生物学的积极倡导者和参加者。1973 年，67 岁高龄的他，带领助手们亲临受“三废”污染较严重的张家口和宣化地区进行鸟类与污染的研究。1975 年又深入东北大兴安岭地区的呼伦贝尔、齐齐哈尔的扎龙及吉林长白山调查。考察期间，郑作新向齐齐哈尔林业局和黑龙江省林业总局以及林业部首次提出建立扎龙保护区，专门保护我国一级保护动物丹顶鹤。翌年(1976) 经黑龙江省林业总局批准，正式划定我国第一个鸟类保护区——扎龙鹤类保护区。在郑作新积极倡议下，中国科学院、林业部等八个部委提出了“关于加强鸟类保护、积极开展群众性的爱鸟周活动”的倡议，经国务院批准后，随即在全国开展起来。为鼓励更多青年献身于鸟类研究工作，促进我国鸟类科学研究工作的发展，郑作新拿出他所著《中国鸟类区系纲要》一书获得的国家自然科学奖二等奖、中国科学院自然科学奖一等奖及全国科技图书特等奖的全部奖金，于1994 年设立了“郑作新鸟类科学青年奖”。

郑作新一生共出版20 多部专著、30 多部专业书籍，发表140 多篇研究论文，200 多篇科普文章，共计1 500多万字，为中国乃至全世界鸟类研究做出杰出贡献。他的研究成果曾先后获得七次国家及中国科学院重大科技成果奖；1988 年美国野生动物联合会授予他“国际动物资源保护特殊成就奖”；1989 年中国科学院学部委员会还颁给他一枚科学研究荣誉奖章；1996 年香港求是基金会颁给他主持的中国动物志编委会“杰出科技成就集体奖”。

（卢汰春）

冯德培 (Feng Depei，1907～1995)

冯德培，生理学家、生物物理学家和神经生物学家。1907 年2 月20 日生于浙江省临海县。1926 年毕业于复旦大学生物学系后留校当助教，次年到北京协和医学院生理学系当研究生。1929 年进美国芝加哥大学，1930 年获硕士学位。1933 年在英国伦敦大学获博士学位；1933～1934 年在美国费城约翰逊基金医学物理学研究所进修一年。回国后1934～1941 年在北京协和医学院生理学系任讲师、副教授；1943～1944 年底在重庆任上海医学院生理学系教授；1944 年12 月至1949 年间主要担任国立中央研究院医学研究所筹备处研究员兼代主任。1946～1947 年在美国纽约洛克菲勒医学研究所任访问研究员。1948 年当选为中央研究院院士。1950 年以后任中国科学院上海生理生化研究所研究员兼所长，中国科学院上海生理研究所研究员兼所长、名誉所长，中国科学院华东分院及上海分院副院长，中国科学院副院长、生物学

部主任，中国生理学会理事长和《生理学报》主编等多项职务。1955年当选为中国科学院（生物）学部委员（院士）。自1956年以来，先后被选为英国生理学会、加拿大生理学会、美国神经科学会和美国生理学会的荣誉会员，1983年被选为国际生理科学联合会理事会理事，1986年当选为美国国家科学院外籍院士、第三世界科学院院士，1988年当选为印度国家科学院外籍院士。1995年因病在上海逝世，享年88岁。

冯德培的主要学术贡献有：

1. 神经和肌肉的能力学方面：发现静息肌肉被拉长时放热和氧消耗量都显著增加，反映肌肉的代谢升高，称之为“拉长反应”，也被叫做“冯氏效应”。此外，他以碘醋酸为工具，首次证明了乳酸代谢在神经活动中也有重要作用，修正了前人在此问题上的观点。在伦敦大学诺贝尔奖金获得者A. V. Hill教授的推荐下，冯德培为德国有声望的杂志《生理学成就》撰写了专题评述文章“神经的放热”（1936），该文是一篇权威性文献。

2. 神经肌肉接头生理学方面：冯德培的一系列工作为20世纪30年代中期正在形成的神经肌肉接头化学传递学说提供了有力的支持。他在许多开拓性的研究中有重要发现，如发现高频神经引起接头抑制及神经末梢周围局部收缩，证明钙对神经肌肉接头有多种明显的作用，首次报道了以不同频率持续刺激神经时及刺激后接头传递的易化及终板电位的强直刺激后易化或增强，在哺乳类动物的肌肉上证明了某些药物以及强直后效应的接头前机制。他是这一重要领域公认的先驱者之一。

3. 神经肌肉间营养性关系研究方面：发现鸡慢肌纤维去神经后肥大现象，在双神经支配的实验中首次证明，不活动神经对肌纤维类型特征仍有改造能力等。

冯德培共发表论文约100篇。

（魏乃森）

张香桐（Zhang Xiangtong，1907～　　）

张香桐，神经生理学家和神经解剖学家。1907年11月27日生于河北省正定县。1933年毕业于北京大学心理学系，1942年赴美留学，1946年获美国耶鲁大学哲学博士学位，后在美国耶鲁大学医学院和洛克菲勒医学研究所工作。1956年底，他从芬兰绕道东欧回国。1957～1980年，担任中国科学院上海生理研究所研究员。1980年，创立中国科学院上海脑研究所，担任研究员兼第一任所长。1984～1999年任中国科学院上海脑研究所名誉所长，1999年起担任中国科学院神经科学研究所名誉所长。1957年当选为中国科学院（生物）学部委员（院士）。

张香桐是国际知名的神经生理学家，是国际学术界公认的树突生理功能研究的先驱者之一。20世纪50年代初，他用电生理学方法研究皮层神经元树突的功能，发表了多篇论文，在国际学术界产生广泛影响。根据实验结果，他提出树突是有电兴奋性并能够传导冲动的，提出存在胞体上和树突上两种不同的突触兴奋的概念，认为在树突上的突触可能对神经元兴奋性的精细调节起重要作用。有的国外生理学家认为他是“历史上第一个阐述了树突上突触连接的重要性的人”。

张香桐在树突研究领域的先驱性工作，引起历时多年的激烈的学术争论。但当时未被多数人接受的一些重要论断，最终被后人的实验所证实。例如争论的焦点之一是树突能否传导神经冲动的问题，当时很多科学家认为在树突上只存在兴奋的电紧张扩布，不能产生和传导神经冲动。现已证明，树突上可以产生钙或钠锋电位（神经冲动），锋电位

可沿树突向胞体或向树突远端传导，即树突确有电兴奋性，能够传导神经冲动。

1992 年，国际神经网络学会因张香桐“对于我们有关生物神经网络的理解所做出的重大贡献”而授予他终身成就奖。授奖证书认为，张香桐“对于我们在高等脊椎动物感觉运动皮层和脑干系统定位组织的基本概念的发展，起了关键性作用。他关于大脑皮层神经元树突电位的研究，形成了一种划时代的重要标志，为树突电流在神经整合中起重要作用这一概念，提供了直接证据”，“这一卓越成就，为我们将来发展使用微分方程和连续时间变数的神经网络，而不再使用数字脉冲逻辑的电子计算机奠定了基础”。

张香桐还在其他方面做出了许多重要贡献。1989 年美国出版的《神经科学百科全书》的“公元前 300 年至公元 1950 年间对神经科学进展有贡献的人物简介”内收入他的两项研究成果。其中“猴运动皮层内肌肉部位代表性”的工作，被公认为是这一领域的经典工作之一。他开展对猫后肢肌肉神经中传入纤维组成的研究，提出了肌肉神经传入纤维的经典分类法，至今仍被普遍采用。他发现背景光可以提高整个中枢神经系统的兴奋性，被国外科学家称为“张氏效应”。他和他领导的研究组对针刺镇痛的神经生理学机制进行了深入的研究。由于他对针刺镇痛机制研究所做的巨大贡献，被美国全国卫生研究院邀请为常驻学者，并荣获比利时皇家医学科学院的外国名誉院士称号和国际 Threshold 基金会1980 年度的 Threshold 奖金。在国内，他获得1978 年全国科学大会奖、中国科学院重大科技成果一等奖，还荣获 1999 年度陈嘉庚“生命科学奖”和2000 年度“何梁何利基金科学与技术进步奖”。

张香桐为推动我国脑研究的发展做出了很大贡献。1956 年他回国后，建立了当时国内惟一的中枢神经系统电生理实验室。在回国后的数年内，从各地前来进修学习的年轻科学工作者络绎不绝。1959 年与冯德培等一起在生理研究所举办电生理训练班，在我国神经生理学发展史上占有重要地位，这个班的学员后来都成为全国各地科研机构、大专院校从事神经生理学研究的主要骨干力量。1980 年他创立的中国科学院上海脑研究所，为我国脑研究事业做出了自己的贡献，并为后来建立中国科学院神经科学研究所打下了良好的基础。

（吴建屏）

王应睐（Wang Yinglai，1907～2001）

王应睐，我国生物化学事业的主要奠基人之一。1907 年11 月13 日生于福建省金门县。1929 年以优异成绩毕业于南京金陵大学化学系，获“金钥匙”奖。1938 年考取庚款留英，1941 年获英国剑桥大学生物化学博士学位。1945 年回国任国立中央大学医学院生化研究教授，1950 年任中国科学院生理生化研究所研究员兼副所长。1958～1984 年任中国科学院上海生物化学研究所所长，1984 年后任名誉所长。1955 年被选为中国科学院学部委员（院士）。曾任中国生化学会第一、二、三届理事长，后任名誉理事长，美国生化与分子生物学学会名誉会员，比、匈、捷等国科学院外籍院士。发表研究论文百余篇。

王应睐留英时建立了四种水溶性维生素的微量测定法，首次证明豆科植物中含血红蛋白，并对马蛆的血红蛋白进行了有特色的研究。回国后，他对琥珀酸脱氢酶进行了系统的研究，解决了多年来未澄清的酶的性质等问题，并对辅基与酶蛋白连接方式做了深入阐明。该工作达到当时的世界先进水平，受到国内外同行极高评价。1956 年这项成果获得了中国科学院的奖励，1978 年获全国科学

大会重大成果奖。

王应睐是“人工合成牛胰岛素”和“人工合成酵母丙氨酸转移核糖核酸”这两项为我国赢得世界荣誉的工作的倡议者、组织者和领导者。1963年他正式担任人工合成胰岛素协作组组长，组织、安排和制定了人工合成胰岛素的多路探索方案，不断调整生化所内各研究组之间的研究力量，研究和解决工作中产生的困难和问题，协调各个协作单位的合作，1965年9月完成了世界上第一个人工合成的蛋白质——牛胰岛素。1977年他担任人工合成酵母丙氨酸转移核糖核酸协作组组长，对与其他单位的合作起了关键作用。1981年完成了世界上第一个人工合成的转移核糖核酸。这两项工作都倾注了王应睐的大量心血。值得提出的是，当这两项工作获得国家自然科学奖一等奖的时候，由于他的谦让，在获奖人的名单上没有他的名字。为表彰王应睐对这两项工作的贡献，1988年美国“Miami冬季生物工程讨论会”授予他特别成就奖。1996年获“何梁何利基金科学与技术进步奖”。

王应睐自1984年又开辟了“酶与核酸的相互作用”研究的新领域，进行氨酰-tRNA合成酶及其与tRNA相互作用相关的研究，在国内外杂志上发表研究论文50余篇。因王应睐年事已高，1996年，他将该课题移交给他的学生王恩多负责，但他仍关心着课题的进展。3年来该课题组在SCI收录的国内外杂志上发表研究论文19篇，仅1999年一年就在美国《生物化学》杂志上连续发表3篇研究论文，得到审稿人的很高评价。

王应睐在20世纪50年代创建了生化所，担任所长26年。他根据国际上生物化学发展的趋势，举办高级生化训练班，创建全国生化学会，创办了生物化学与生物物理学报，为生化所和全国培养了大批生化方面的人才，现在国内生化研究领域里的许多学术带头人，都曾接受过生化训练班的培养。1997年王应睐抽出一部分奖金设立“王应睐基金”，用以奖励优秀研究生及导师。

2001年5月5日王应睐因病在上海逝世，享年94岁。

（王恩多）

殷宏章（Yin Hongzhang，1908～1992）

殷宏章，植物生理学家。1908年10月1日生于山东省兖州市，1929年毕业于南开大学生物学系，同年留校任助教，后升为讲师。1935年考取公费赴美国加州理工学院留学，1938年获得博士学位后回昆明，任西南联大教授，同时在清华大学农业研究所植物生理学组兼任研究员。1944年作为交换教授赴英国剑桥大学。1945年回国，在北京大学任教授。1948年应罗宗洛教授之约，赴台湾大学讲学。1948年12月，应英国李约瑟博士的邀请，到印度任联合国教科文组织南亚科学合作馆官员。1951年秋回国，到中国科学院实验生物研究所植物生理室任研究员。1953年植物生理室分出成立研究所，出任副所长，1978～1983年任所长。1983年3月起任名誉所长。1955年被选为中国科学院学部委员（院士）。1992年12月去世。

殷宏章在南开大学师从李继侗学习植物生理学时，在用光照水生植物观察从其切口释放气泡数目的办法来计算光合速率的实验中，注意到更换不同颜色滤光片的瞬间气泡释放速度会骤然改变，然后才逐渐恢复到恒速。他把所看到的现象告诉李继侗，李先生根据这现象作了仔细研究，将结果写成论文发表在英国的植物学期刊上。他在20世纪30年代攻读博士学位时，研究生长素和叶片运动的关系，发表的一些论文常被人引用。在40年代，他建立了研究磷酸化酶作用的组织

化学方法。50年代他在中国科学院植物生理研究所领导开创了我国光合作用研究，一方面联系农业生产提出了非常具有启发性的群体光能利用概念，另一方面联系国际上刚发现的光合磷酸化作用和刚提出的光合作用中存在两种光化学反应概念，引导青年人开展光合作用能量转换的基础理论探讨。在这时期他还积极参与推动组建我国抗生素研究生产工作。60年代，他努力提倡和筹划在植物生理研究所建立大型人工气候室，并提出送植物和高等生物上天组成“小世界”的设想。70年代，他大力支持植物生理所开辟分子遗传、生物固氮等研究领域。80年代后他辞去所长职务，仍不断在学术上帮助青年人开阔思路和眼界。

（沈允钢）

高尚荫 (Gao Shangyin，1909～1989)

高尚荫，著名病毒学家。1909年3月3日生于浙江省嘉善县。1930年毕业于苏州东吴大学生物学系，获理学士学位。同年去美国留学，在劳林斯大学获文学士学位。1931年转美国耶鲁大学研究生院，1935年获哲学博士学位。后又获荣誉理学博士学位。同年去英国伦敦大学研究院从事短期工作后回国。历任武汉大学生物学系教授兼主任、理学院院长、教务长、副校长等职。1945年再度赴美，任美国洛氏医学研究所研究员。1947年回国后，任武汉大学副校长，病毒学系主任、一级教授，兼任病毒研究所所长，中国科学院武汉分院院长。1980年当选为中国科学院（生物）学部委员（院士）。他是美国西格玛赛(Sigma Xi)自然科学荣誉学会会员、美国昆虫病理学会会员。1981年去美国接受劳林斯大学的荣誉科学博士学位。1989年因病在武汉逝世，享年80岁。

高尚荫重视基础理论研究，并结合我国实际需要，先后进行了烟草花叶病毒、流感病毒、新城鸡瘟病毒、家蚕脓病病毒、根瘤菌噬菌体、猪喘气病原、肿瘤病毒以及昆虫病毒的性质及其与宿主的关系的研究。他在20世纪40年代提出了病毒的性质不因宿主的不同而存在差异的正确看法。这些研究及其所得结论深受国际上的重视。在研究病毒学方法学方面，他创立了昆虫病毒单层培养法。他以实验证明，病毒在家蚕的卵巢、睾丸、肌肉、气管、食道等处均可培养成功。1958年他在捷克斯洛伐克国际病毒学讨论会上宣读的论文“脓肿病毒的组织培养方法的研究”，得到国内外学者的高度评价，认为这是家蚕脓病研究上的一项重大突破。高尚荫也是中国病毒学的先驱。1947年他在武汉大学创建的病毒学实验室，是国内最早开展病毒学研究的单位之一。1962年扩大为病毒学研究室。1976年在武汉大学设置了国内第一个病毒学专业，1978年创办了国内惟一的病毒学系，为培养病毒学专门人才和进一步发展病毒学研究工作建立了基地。1980年在他的指导下武汉大学病毒学系研制成功了中国第一个病毒杀虫剂——W-78菜粉蝶颗粒体病毒杀虫剂。

高尚荫先后在国内外学术刊物上发表了110多篇论文和学术报告。

（周　郑）

谈家桢 (Tan Jiazhen，1909～　　)

谈家桢，国际著名遗传学家，我国现代遗传学奠基人之一。1909年9月15日生于浙江省宁波市慈城镇。1930年获苏州东吴大学理学士学位，1932年获北京燕京大学理学硕士学位，1936年获美国加州理工学院哲学博士（遗传学）学位，1984年获加拿大约克大学荣誉博士学位，1985年获美国马里蓝大学荣誉科学博士学位。历任苏州东吴大学生物

学系讲师（1932～1934），浙江大学教授、医预科主任、理学院院长(1937～1952)，自1952年起任上海复旦大学生物学系教授兼主任、遗传学研究所所长、副校长、生命科学院院长、校长顾问等职。在从事生物学，特别是遗传学方面的教学和科研工作60 余年间，谈家桢先后教授过普通生物学、动物比较解剖学、胚胎学、遗传学、细胞学、实验进化论、细胞遗传学、达尔文主义、辐射遗传学、原生动物学等课程。

他在国内外发表的遗传学主要论文与综述达百余篇。主译了《生物学引论》(与高沛之合译，高等教育出版社，1955)、《遗传与物种起源》（科学出版社，1964），出版了《基因与遗传》（科普出版社，1962)、《谈谈摩尔根学派的遗传学说》(上海科学技术出版社，1961)、《基因工程》（农业出版社，1979)、《有关辐射遗传学的若干问题》(上海科学技术出版社，1960)、《基因的萦梦》(百花出版社，2000）等，主编了《中国现代生物学家传》（湖南科技出版社，1985）等书。1987 年出版了 67 万字的《谈家桢论文集》(科学出版社)，选录了谈家桢1932～1985 年间在国内外发表的研究论文和综述共51 篇。内容包括群体遗传学、细胞遗传学、辐射遗传学和遗传毒理学等领域的研究论文以及遗传学争鸣方面的代表性文章。1992 年，又出版了35 万字的《谈家桢文选》(浙江科学技术出版社)。这本集子较系统地反映他的成才经历、研究成果、科学思想、教育业绩以及崇高的爱国主义精神和严谨认真的学风。

在谈家桢科学研究生涯中，就研究本题而论，主要可分成三类：

第一类是以亚洲瓢虫为实验材料进行经典性群体遗传学研究。这是他一生中主要的研究领域。自20 世纪30 年代起直至70 年代，他独自或与学生一起发表了一系列这一研究领域的论文。特别是在1944 年，他通过对异色瓢虫的实验遗传学研究，发现在瓢虫的鞘翅上的一种特异的嵌镶显性现象。随后的研究从实验证明异色瓢虫色斑遗传中众多复等位基因间显示嵌镶显性遗传现象的机制。这是谈家桢在研究上的一个突破性成果。1946 年在美国《遗传学》杂志上发表了研究论文，深受国际遗传学界的重视，认为丰富和发展了摩尔根学说，是对遗传学的一大贡献，为开创群体遗传学研究提供了实验依据。

第二类是从果蝇实验材料进行果蝇不同种的染色体遗传结构及遗传图研究。这一领域研究始于1934 年。他利用在果蝇唾液腺巨大染色体上的发现，创造性地应用这个技术，分析果蝇种内和种间遗传物质的结构及其变异，进一步用细胞学方法，发现果蝇种间的性隔离机制是由多基因突变积累所形成的。这些工作丰富和发展了现代综合进化论。1946 年，他与综合进化论奠基人杜布赞斯基、迈耶赖特、帕特森等共同发起成立了国际进化研究学会，对推动和发展现代综合进化论做出了贡献。

第三类是以猕猴为实验材料进行辐射遗传学研究。这一领域的研究是从20 世纪60 年代初始，70 年代末由此课题延伸，领导并组织开展毒理遗传学研究。这项研究的目的是为辐射损伤的战备防护和原子能利用等提供科学依据。70 年代进行的环境化合物的毒理测试和环境诱变剂的研究，为保护环境、提高人口质量、预防肿瘤及药品检验、食品卫生、计划生育等部门的立法提供了大量科学依据。

70 年代末起，谈家桢在致力于推动分子遗传学和遗传工程的技术引进、科学研究和人才培养的同时，领导与组织人体分子遗传学及其基因组和植物基因工程的研究工作，取得了重要成果。

谈家桢是中国遗传学会发起人之一，1978年以来，他先后被选为中国遗传学会副会长（第一届）、会长（第二、三届）和名誉会长（第四届至今），《遗传学报》主编，中国环境诱变剂学会理事长和中国生物工程学会会长。他在国际上享有崇高声誉，曾任第八届（1948，瑞典）国际遗传学大会常务委员、第十五届（1983，印度）、第十六届（1988，加拿大）、第十七届（1993，英国）国际遗传学大会副会长。他是日本遗传学会（1981）和英国遗传学会（1986）名誉会员，被美国罗斯福夫人肿瘤研究所聘为高级研究员（1983），获美国加州理工学院杰出校友奖（1983）、德国康斯登茨大学功勋奖（1990）及美国加州政府授予的荣誉公民称号（1983），被联合国聘为科学技术发展中心非政府性组织指导委员会委员（1983）、国际未开发植物利用委员会委员（1983）、工业发展组织国际遗传工程与生物技术研究中心科学顾问委员会委员（1983）。继当选为中国科学院（生物）学部委员（1980）后，先后当选美国科学院外籍院士（1985）和第三世界科学院院士（1985）、意大利国家科学院外籍院士（1987），是世界科学院的发起人之一，并被选为常务理事（1991）。

（赵功民）

曾呈奎（Zeng Chengkui，1909～　　）

曾呈奎，字泽农，著名海洋生物学家。1909年6月18日出生于福建省厦门市。1926年考进福建协和大学，1927年9月转学厦门大学植物学系，1931年1月毕业，获理学学士学位。1930年为厦门大学植物学助教、讲师。1932年9月进广州岭南大学研究院，1934年6月获理学硕士学位。1935年在山东大学生物学系任讲师，1937年任副教授。1938～1940年任岭南大学植物学系副教授兼植物标本室主任。1940年9月进美国密执安大学研究院，1942年6月获理学博士学位，同年成为密执安大学拉克哈姆博士后。1943～1946年在美国加州大学斯格里普斯海洋研究所任副研究员，负责海藻资源及利用研究工作。1946年底回国后，担任山东大学植物学系教授兼系主任，1947年又兼水产系主任。1950年起任中国科学院海洋研究所（其前身是海洋生物研究室）研究员兼室主任、副所长，1978～1984年任所长，1984年起任名誉所长。1981年被选为中国科学院学部委员（院士）。1981年加拿大国家科学研究委员会授他为加拿大大西洋海洋研究所卓越访问科学家。1985年7月当选为第三世界科学院院士，同年8月当选为国际藻类学会主席（任期两年），1987年12月美国俄亥俄州州立大学授予他荣誉科学博士学位。

曾呈奎的主要贡献在海藻分类学与海藻栽培和研究利用方面。

在海藻分类学方面，他调查了南至海南省和东、西沙群岛，北至渤海湾的底栖海藻，发表了多篇分类、区系研究论文，发现了几十个新种，对北太平洋西部海藻区系进行了区划。

在海藻栽培方面，他研究了紫菜生活史，发现了紫菜丝状体阶段的壳孢子为生长紫菜的种子，并研究出丝状体大规模培养方法、紫菜半人工采苗栽培法。在海带培养方面，阐明了海带施肥机理，创立海带栽培陶罐施肥法，提出了提高肥效的方法和海带切梢增产法，为海带在我国东海沿岸栽培事业做出了重大贡献。与此同时进行了海藻比较光合作用的研究，比较完整地提出了光合作用在光合生物进化中所起的作用和途径。他还提出马尾藻褐藻胶的提取方法及其在纺织工业中的应用，推动了褐藻胶工业的发展。他还阐明海洋水产必须走农牧化的道路，推动了我

国海洋水产养殖事业的发展。

曾呈奎共发表论文200余篇，主编或合作主编著作多本。

（周 郑）

侯学煜（Hou Xueyu，1912～1991）

侯学煜，植物生态学的开拓者和奠基人之一。安徽省和县人。1937年毕业于中央大学，随即入经济部中央地质调查所土壤研究室工作。1947年春在美国宾夕法尼亚州州立大学获硕士学位，1949年4月在该校获博士学位。1945～1949年期间还在美国宾夕法尼亚州州立大学研究院兼任助理研究员、副研究员。1950年怀着报国之心，毅然回国，在中国科学院植物分类研究所（1953年改称为植物研究所）任研究员。在所内建立了我国第一个植物生态学研究室。他曾在8所著名大学兼任教授，在多个学会任理事长、副理事长等职。

他早年曾作过土壤和农学研究，写过不少有关农学和土壤学文章。晚年从生态学角度对农、林、牧、副、渔业中许多重大问题进行探索，发表了独特见解，对纠正农业和环境问题的决策中的许多失误发挥了重要作用。他的学术贡献主要有三个方面：1. 指示植物和植物化学地理方面。他在调查土壤时发现，不同的土壤上生长着不同的植物，某些植物只在某种土壤上出现，根据植物可以推断土壤性质，这种植物称为指示植物，并研究了指示植物的化学成分。1954年发表了专著《中国境内酸性土、钙质土和盐碱土的指示植物》，其后又发表了一系列有关论文。在植物化学地理方面的重要贡献是1982年发表《中国植被地理及优势植物化学成分》一书，该书总结了全国主要植被类型中的优势植物的化学成分，得出一系列规律性的结论；2. 植被地理方面。侯学煜在植被分类、植被分区、植被分布地理规律、植被制图四个方面有很深造诣。他提出了植被分类原则及分类系统，特别重视栽培植被的分类。对植被分布的规律从不同尺度进行研究，阐明了植被分布与一系列环境因子的关系。在植被分区方面他有独到见解，强调植被分区的目的是为生产服务，他对每一个分区单位中的农业土地适宜栽培的粮食、饲料、经济作物和果类均进行较详细讨论，在1960年和1988年分别出版的两本专著《中国的植被》、《中国植被地理》中阐明了他的观点。他是1980年出版的巨著《中国植被》的主要著者。侯学煜是我国植被制图的先驱者。早在1956年他和土壤学家马溶之合编出版了《中国植被、土壤分区挂图》（比例尺为1：400万）。1960年在他的《中国的植被》专著中附有他主编的1：800万的《中国植被图》和《中国分区图》。1965年主编了1：1 000万的《中国植被图》及1：800万的《中国植被分区图》。在1980年《中国植被》巨著中他主编了书中所附的1：1 000万的《中国植被图》和1：1 400万的《中国植被区划图》。1979年出版的1：400万的《中国植被图》是他所主编的图件中影响最大的，在世界植被制图史上占有重要地位。侯学煜生前主编了比例尺为1：100万的《中国植被图》和1：600万的《中国植被区划图》。3. 生态区划和大农业方面。侯学煜的综合的自然生态区划概念是在植被分区基础上形成的，为生产实践服务的目的明确。他主张根据自然生态规律来考虑如何合理开发、利用和保护自然资源，使三者矛盾统一起来，这就涉及国土整治和如何合理规划和布局农、林、牧、渔业等发展方向问题。所以生态区划的目的很明确，一方面是为了资源开发和利用，另一方面则是保护环境。早在1963年他就向党中央和中国科学院领导提出自己的观点。1983年他提出的“大农

业”观点是他对农业生产影响最大、最为人知的贡献，强调了农、林、牧、副、渔业和多种经营综合发展观点，极力主张因地制宜，因土种植，扬长避短，发展大农业。实践证明了他的大农业观点的正确性。他根据对全国各地的考察，发表了《生态学与大农业发展》一书，对指导生产起到了很大作用。

（陈灵芝）

庄孝僡 (Zhuang Xiaohui，1913～1995)

庄孝僡，著名实验胚胎学家和细胞生物学家。1913 年 9 月 23 日生于山东省莒县，1935 年毕业于山东大学生物学系，任该系助教。1936 年赴德国慕尼黑大学求学，1939 年获哲学博士学位。在慕尼黑期间他完成了在实验胚胎学上有重要影响的两项工作，一是进一步用活体染色和移植等方法，完成了迄今仍为许多胚胎学教科书采用的神经胚后段命运图的绘制。另一项影响更为深远的工作是关于成体组织诱导专一性和胚胎区域性关系的研究，掀起了20 世纪40 年代至50 年代国际上探索诱导物质的热潮。1942 年在德国弗莱堡大学任助教，1945 年升任为讲师。1946 年底回国后任北京大学动物学系教授，兼系主任及医预科主任。1950 年起任中国科学院实验生物研究所研究员，历任室主任、副所长、所长、名誉所长。1981 年起兼任中国科技大学生物学系主任。1979～1983 年兼任中国科学院发育生物学研究所所长。1980 年当选为中国科学院（生物）学部委员（院士）。他是中国细胞生物学学会主要发起人之一，1980～1983 年任首届理事长。1995 年8 月26 日因病逝世于上海，享年82 岁。

庄孝僡的主要贡献可以归纳为胚胎诱导和胚胎表皮传导两个方面。

在胚胎诱导方面，从20 世纪50 年代初到60 年代初，他领导的研究组从诱导物质和反应系统两方面进行了系统和深入的工作。在诱导物质方面，从哺乳动物肝脏提纯了一种中胚层诱导物质（碱性蛋白质）。在把中胚层诱导物质（M）和神经诱导物质（N）按不同比例混合时，观察到诱导出的神经系统的区域性是由两种诱导物质的相对比值决定的。随着M：N 中M 成分的增加，诱导出的构造的区域性从前头经后头向躯干和尾部转变。中胚层诱导物质的作用还表现出量的效应，浓度低时诱导出腹方构造（血细胞），随浓度增加逐渐出现侧方构造（原肾）和背方构造（脊索和体节）。反应细胞方面，发现外胚层细胞对诱导刺激的反应随发育的进展而改变，随外胚层细胞的变老，诱导出的胚胎构造从背方（脊索、肌肉）逐渐转变为侧方和腹方构造（血细胞）。这一当时国际上领先的研究成果获得了1978 年全国科学大会奖。

在胚胎表皮传导方面，庄孝僡及其同事在20 世纪60 年代初期，将割除神经板后长成的几个无神经蝾螈胚胎和一个正常胚胎前后嫁接在一起，形成一连串首尾相连的联体，像一列“小火车”。在这样的联体上发现当各节“车厢”——无神经幼虫接受刺激时，刺激可通过非神经的途径传导到“车头”——正常幼虫，引起反应。这一十分有意义的现象，后来经过严密的实验分析，证明刺激是通过表皮传导的，说明在胚胎发育的一定时期胚胎表皮具有传导刺激的能力。后来又与中国科学院上海生理研究所孙以安等合作，结合电生理学方法证明表皮传导的电活动依赖于钠离子和钙离子。表皮细胞的传导能力有一个发育过程，并且受相邻组织的诱导影响产生。此外，还证明了表皮细胞的传导能力可能与细胞表面的间隙连接有关。这项研究成果获得中国科学院1983 年重大科学成果一等奖，被国际学术界称誉为一项开创性研究。

庄孝僡共发表胚胎学和细胞生物学论文共40篇。主持大百科全书“生物卷”中《细胞学》和《发育生物学》的撰写工作，并主持翻译专著多本。

（周　郑）

马世骏（Ma Shijun，1915～1991）

马世骏，原名马守义，又名马宜亭，生态学家，中国科学院学部副主任、委员，中国科学院动物研究所副所长、研究员，欧洲生态科学院通讯院士，中国生态学会理事长、名誉理事长。1915年12月5日生于山东省兖州市，1937年6月北京大学农学院生物学系毕业，1949年获美国犹他州州立大学硕士学位。1951年获明尼苏达大学研究院哲学博士学位后，几经周折，取道欧洲，于12月底经香港回国，任中国科学院上海实验生物研究所副研究员。1952年1月奉调北京，参加中国科学院昆虫研究所的筹建，并创建了国内第一个昆虫生态学研究室。1952年起，除参加反细菌战专家调查团并荣获爱国卫生运动委员会的奖励外，先后主持并参加了东亚飞蝗种群生态学、蝗区的结构与转化、粘虫的越冬与迁飞规律、害虫种群动态及综合防治理论等研究。马世骏和助手们提出了改造东亚飞蝗发生地的理论、途径及方法，为我国75%的老蝗区改造成丰衣足食的鱼米之乡以及阐明粘虫越冬北界和季节性南北往返迁飞规律做出了重要贡献。“改治结合，根除蝗害”、“粘虫迁飞规律及生理生态特性”获1978年全国科技大会重大科技成果奖，“东亚飞蝗生态、生理学等的理论研究及其在根治蝗害中的意义”、“粘虫越冬迁飞规律”分获1982年国家自然科学奖二等奖和三等奖。1959年出版的《中国昆虫生态地理概述》是建国以来有关中国昆虫生态地理与分布以及昆虫区划的第一本专著。1972年以来，马世骏从昆虫生态学研究扩展到系统生态学领域，重点探讨了生态系统理论在环境保护和工农业建设中的应用。1979年，在中国环境科学学会成立大会做的“环境系统理论的发展和意义”学术报告中，提出了“生态系统工程”及其定义，并指出生态系统的整体、协调、循环、再生是生态工程的原理。1984年，马世骏将生态学研究重心拓展到以人类为中心的人工生态系统，提出了“社会－经济自然复合生态系统”，并将生态效益和经济效益作为一切工农业建设和城市建设的衡量指标。1987年，马世骏与李松华主编的《中国的农业生态工程》一书问世，不仅介绍了生态工程的定义与原理等，还推动了全国生态农业的建设。他先后发表论文106篇，专著7册。马世骏不仅是我国著名的生态学家，也是国际上知名的生态学家，他与许多国际著名科学家一道起草了世界环境与发展委员会出版的《我们共同的未来》一书。马世骏重视科学队伍的建设，先后培养了一批昆虫生态学、生态科学和环境科学的科研、教学人才，使之成为有关学科的学术带头人和知名学者。马世骏的一生为我国的国民经济建设和生态科学与环境科学事业，乃至世界生态科学与环境科学的发展做出了杰出的贡献。

（陈永林）

吴征镒（Wu Zhengyi，1916～　　）

吴征镒，植物分类及区系地理学家。原籍江苏仪征。1916年6月13日生于江西省九江市。1937年毕业于清华大学生物学系，1940年为清华大学张景钺教授的研究生，因故未毕业。1942～1948年任清华大学生物学系教员、讲师，并曾兼任中国医学研究所药用植物研究组组长，中法大学、云南大学讲师。1948～1949年任北平军管会高教处处长，1952～1958年任中国科学院植物研究所

研究员、副所长。1955 年当选为中国科学院学部委员(院士)。1958 年后任中国科学院昆明植物研究所所长、中国科学院昆明分院院长。1980 年被选为美国植物学会通讯会员,1981 年任瑞典植物地理学会名誉会员。1982 年为国际系统和进化生物学会议国际委员会委员。现任中国科学院昆明植物研究所名誉所长。

吴征镒的主要贡献有:

1. 植物分类方面:他对某些植物类群的研究深入而系统,发表新属9 个新种400 个以上。主编了《中国植物志》中的唇形科、天南星科、旋花科、茄科等专册,主编了《云南植物志》、《西藏植物志》和《云南种子植物名录》等著作。

2. 植物区系学方面:在分类的基础上,他创造性地将地理成分和区系发展的历史成分有机地统一起来,论证了我国植物区系的三大组成,提出了北纬 20°~40°间的中国南部、西南部是古南大陆、古北大陆和古地中海植物区系的发生和发展的关键地区的观点,受到学术界的高度重视和赞誉。

3. 中国植被方面:1956 年吴征镒与钱崇澍、陈昌笃共同发表了“中国植被类型”,1960 年完成了《中国植被区划》,1980 年主编了200 万字的《中国植被》,全面总结了建国以来的植被研究,是一部重要的科学资料。

4. 药用植物方面:早年编著《滇南本草图谱》,后来对各地描述的中草药作了较全面的整理和订正,澄清了若干名、物混乱现象,为我国现代本草研究提供了依据。

5. 植物资源开发利用方面:提出了对于那些在一定环境条件下形成的特有属、种,利用区系起源和种系发展原理,在寻找某些有用物质的代替品或新资源时是可能的。并指出植物的有用物质的形成和植物种属分布区的历史形成有一定相关性,这些观点对寻找和发掘植物资源有一定的指导意义。

吴征镒已发表120 多篇论文,并主编或编写了18 部学术专著。

(周　郑)

王德宝 (Wang Debao, 1918～　　)

王德宝,生物化学家。1918 年5 月7 日生于江苏省泰兴县。1940 年毕业于中央大学农业化学系,留校当助教。1946 年考取公费留学美国。1949 年和1951 年先后获美国华盛顿大学硕士和美国西部保留地大学博士学位。1951～1954 年,在美国约翰·霍普金斯大学从事博士后研究。1954 年克服重重阻挠,绕道法国回到了祖国。1955 年起在中国科学院上海生理生化研究所工作,1958 年起在中国科学院上海生化研究所工作。1960 年晋升为研究员,1980 年被选为中国科学院(生物)学部委员(院士),1992～1996 年当选为中国科学院学部主席团成员。他是中国生物化学学会第一、第二届常务理事,美国科学促进会会员、约翰·霍普金斯大学学会会员和促进生物学医学研究中法协会中方会员。

在美国学习和工作期间,他对核酸代谢、辅酶A 的结构和辅酶Ⅱ ($NADP^+$) 的大量酶促合成等进行研究,发现和纯化了几个核酸代谢有关的酶(如胞苷和脱氧胞苷的脱氨酶,腺苷、胞苷和黄苷的核苷水解酶,尿嘧啶氧化酶及脱磷酸辅酶A 磷酸激酶等),证实了辅酶A 中存在3′磷酸单酯,建立了用酶法从辅酶Ⅰ (NAD^+) 大量制备辅酶Ⅱ的通用方法,该法在很长一段时间内为世界各生化药厂所采用。他的上述成果,被写进权威性的生化工具书《酶学方法》第二卷(1955)和第三卷(1957)中。

他于1955 年回国后即组建中国第一个核酸研究组,并招收研究生。1961 年建立中

国第一个核酸研究室，广泛开展对核酸代谢、核酸分离纯化、核酸性质和核酸结构的研究，取得了一些可与当时西方水平相媲美的研究成果，为中国核酸研究奠定了基础。60 年代初，他和同事们用自溶法生产4 种5′-核糖核苷酸，并在上海天厨味精厂建立了中国第一个核苷酸车间。这一成果获得了1978 年国家重大科技成果奖。1962 年他为新成立的上海科技大学讲授核酸专题课，并编写了中国第一本核酸讲义，被国内各院校广泛引用和参考。

70 年代初，我国提出了“酵母丙氨酸转移核糖核酸的人工全合成”的重大科研项目，王德宝担任该项目的学术组组长和“大片段合成和总装”会战组组长。该研究是由中国科学院四个研究所、一个大学和一个化学试剂厂通过大协作进行的。在工作中，他首先提出酶促合成和化学合成相结合的战略思想，并善于发挥全体成员的智慧和坚持科学的态度，于1981 年底终于完成了这一重大项目，合成得到了与天然的酵母丙氨酸转移核糖核酸完全相同的产物。该成果受到国际上的重视并给予一定的评价，获得了中国科学院1984 年重大科技成果奖一等奖、1987 年国家自然科学奖一等奖和1991 年陈嘉庚生命科学奖。近一二十年来，他坚持转移核糖核酸结构与功能的关系和修饰核苷酸的生物功能等方面的研究，使我国在该研究领域继续保持一定的国际地位。

他在国内外重要杂志上发表论文百余篇，主要编写了《核酸——结构、功能与合成》上、下册（1986 年、1987 年）和《转移核糖核酸——结构、功能与合成》(1995 年)。1996 年荣获香港“何梁何利基金“科学和技术进步奖”。

（祁国荣）

曹天钦 (Cao Tianqin，1920～1995)

曹天钦，生物化学家，1920 年生于北平（现北京）。原籍河北省束鹿县。1926 年入北平成府小学读书，1932 年考入燕京大学附属中学，1935 年由附属中学保送入燕京大学，专修化学。1941 年春，珍珠港事件爆发前夕，他估计燕京大学会遭封闭，因此和一些同学由上海转开封、郑州入内地服务抗战，在陕西宝鸡参加了由路易·艾黎发动和指导的中国工业合作运动（工合)，任工业试验所工业分析组技士，后到“工合”兰州事务所主持皮革生产合作社的技术和业务工作。1943 年，燕京大学在成都复校，曹重返燕京大学学习，并于1944 年毕业，获理学学士学位，随即受中英科学合作馆李约瑟博士的邀请，赴重庆参加中英文化交流工作。期间，随李约瑟博士旅行云、贵两省，以后又作为中英科学合作馆的主要成员，并兼任李约瑟的翻译，陪同他和他的夫人辗转旅行于中国西北和西南各地。

1946 年10 月，由于李约瑟博士的介绍，曹天钦获得英国文化委员会的奖学金，赴英国留学，先在剑桥大学攻读化学，1948 年获学士学位；随后，师从著名的生化学家裴利博士（K. Bailey）研究蛋白质化学四年，主要从事肌肉蛋白质的物理化学研究。他不仅工作努力，学位考试受到称为“荣誉”的好评，而且由于他出色的研究成果，1951 年被剑桥大学维尔基斯学院选为院士，这是该院历史上第一个中国人获此殊荣。

新中国的成立，对曹天钦是一个极大的鼓舞，当时他正准备赴美国哈佛大学著名的蛋白质物理化学家P. Doty 实验室工作，但在时任中国科学院上海生理生化研究所副所长王应睐的邀请下，他放弃了去美计划，在李约瑟博士的帮助下，于1952 年10 月1 日回到上海。

曹天钦返国后，被聘为中国科学院生理生化研究所副研究员。他立即筹备实验室，并开展了肌肉蛋白质、胶原蛋白质和神经系统蛋白质等研究。1958 年升为研究员。1958 年，他和几位青年科技人员一起，首先建议开展人工合成胰岛素的研究，并在其后的三年中是这项研究的几位领导人之一。1966 年他又建议开展胰岛素 X 射线晶体衍射的研究。1960 年曹天钦被任命为中国科学院生物化学研究所副所长，此职务一直任至1984 年。1980 年曹天钦当选为中国科学院学部委员（院士），并先后任学部副主任、主任。80 年代中期，被任命为中国科学院上海分院院长。1983 年，他被瑞典皇家工程科学院选聘为国外院士，1984～1988 年当选为国际科学联合会（ICSU）理事会理事、执行局委员。

曹天钦在留学英国期间的短短几年中，发表了6 篇有关肌肉蛋白质的研究论文，涉及当时所知的与肌肉收缩有关的最重要的几种蛋白质，如原肌球蛋白、肌动蛋白和肌球蛋白。20 世纪30 年代末已经分离到肌动蛋白和肌球蛋白的复合物，并且已知这两类蛋白质和肌肉收缩有关，以后又发现肌球蛋白具有ATP 酶的活性，这些研究成果大大促进了肌肉收缩机制的研究。但当时对于在肌肉收缩功能上最重要、结构上最复杂和含量最多的一种蛋白质——肌球蛋白了解得非常不够。对于肌球蛋白存在有亚基结构，在1952 年已有很多推测，但直到1953 年曹天钦发表了“肌球蛋白分子的裂解”一文才得到确证。他提出肌球蛋白存在有两种亚基，分子量分别为165 000 及16 000，后者可以用尿素、盐酸胍等去垢剂从肌球蛋白分子中释放出来，这是当时提出的各种亚基分子量中最为接近我们目前所知的肌球蛋白重链（20 000）和轻链（16 000）的分子量。分子量16 000 的小亚基目前已被广泛称为肌球蛋白轻链。现在，轻链在肌肉收缩中的重要调控作用已不容置疑。曹天钦作为肌球蛋白轻链的发现者，获得国际同行的公认并被载入史册。

与此同时，曹天钦还从事了对原肌球蛋白的物理化学性质的研究。原肌球蛋白是 Bailey 在1946 年发现的另一种肌肉蛋白质，由于当时认为这一蛋白质在很多性质上和肌球蛋白相似，因此取名为原肌球蛋白，实际上这和肌球蛋白在结构、性质和功能上是完全迥异的两种蛋白质。曹天钦对原肌球蛋白的研究和分析长期以来已被作为对纤维状蛋白质分子物化性质研究的模板，无怪乎国际著名生物化学家、日本东京大学名誉教授、前日本国立生理学研究所所长江桥节郎教授在一篇纪念曹天钦的文章中，把曹称为“原肌球蛋白先生”。

曹天钦1952 年归国以后开展肌肉蛋白、神经系统蛋白和胶原蛋白等研究。从20 世纪60 年代初开始，考虑到让科研工作更好地为国家经济建设服务，曹天钦带领他的一些学生和同事开始了植物病毒的研究，以后又开展了植物类菌原体方面的研究。他不仅积极参与了当时华东地区暴发的水稻病毒病的研究，而且在病毒的形态、外壳蛋白的物化性质和病毒的解离聚合等方面进行了一系列的研究，开创了我国植物病毒的生化和分子生物学的研究。

曹天钦还参加对马王堆古尸的研究，获得了饶有趣味的结果。在此基础上他提出了古尸得以保存的条件和保存水平的分析。这种独辟蹊径的研究方法，引起当时正在对前苏联西伯利亚猛犸古尸研究的美苏科学家的兴趣和重视。

曹天钦因病于1995 年1 月8 日在上海逝世，享年75 岁。

（龚祖埙）

钮经义 (Niu Jingyi，1920～1995)

钮经义，生物化学家。1920 年12 月26 日生于江苏省兴化县。1942 年毕业于昆明西南联大化学系。1942～1946 年任重庆国立药专助教，1946～1948 年任北京清华大学助教、教员。1948 年赴美国得克萨斯大学攻读生物化学，1953 年获哲学博士学位。1948～1954 年任得克萨斯大学生化所研究助教和研究助理，1954～1956 年任伯克利加利福尼亚大学病毒所研究助理。1956 年回国后历任中国科学院生理生物化学研究所副研究员，中国科学院生物化学研究所副研究员、研究员、室副主任、室主任。1981 年当选为中国科学院(生物) 学部委员 (院士)。1995 年在上海逝世，享年75 岁。

钮经义的主要研究领域为天然有机化学，包括蛋白质和多肽的结构分析和化学合成。1953 年在美国完成了题为“大肠杆菌的微量元素营养”的博士论文。在美国期间还对烟草花叶病毒外壳蛋白亚基的结构测定提出了新见解，并应用他首创的部分肼解和酶解方法测出病毒不同种属或菌株的羧端排列次序。他肯定了植物病毒颗粒中蛋白质亚基的存在，阐明了病毒外壳的结构规律，同时还更正了当时搞错了的几种重要蛋白质，如核糖核酸酶和卵白蛋白的羧端结构。

1958 年生物化学研究所开始了人工合成结晶牛胰岛素的研究，钮经义是主要负责人之一。他精心设计合成路线，为中国于1965 年在世界上首次用化学方法人工全合成蛋白质做出了重大贡献。这项成果获得1982 年国家自然科学一等奖。他参与撰写的有关胰岛素合成的论文共20 余篇，得到国际学术界的高度评价。他还在具有重要临床及科研价值的人胰岛素原C 肽的合成中做出新的成绩，并与协作单位共同研制出放射免疫测定药箱，获得1983 年国家发明奖二等奖。多年来他通过讲学、带研究生和实际科研工作，培养出一批多肽化学的优秀人才。他曾访问过日本、美国和欧洲的一些实验室；多次参加国际的多肽学术讨论会，并在中国举办类似的会议，为促进科学交流做出了贡献。

(祁国荣)

邹承鲁 (Zou Chenglu，1923～　)

邹承鲁，生物化学家。江苏省无锡县人。1923 年5 月17 日生于山东省青岛市。1945 年西南联大化学系毕业，1951 年获得英国剑桥大学生物化学博士学位。1951 年回国后，历任中国科学院生物化学研究所、生物物理研究所副研究员、研究员、室主任，生物物理所副所长，生物大分子国家重点实验室主任，学部主席团委员，生物学部主任等职。多年来，历任一些国内外重要科学期刊编委，包括《中国科学》和《科学通报》副主编，*Analytical Biochemistry* 及 *Biochimica et Biophysica Acta* 编委，美国 *Biochemistry* 及 *FASEB Journal* 顾问编委等。1981～1982 年曾应聘为美国哈佛大学访问教授。1986～1990 年间曾分期担任美国国立健康研究院 Fogarty 研究员。邹承鲁是中国科学院院士，第三世界科学院院士，美国生物化学与分子生物学会荣誉会员。

在英国做研究生期间，邹承鲁在国际上最早用蛋白水解酶部分水解方法研究蛋白质结构功能关系，单独署名的论文在英国发表。首先发现纯化的细胞色素 c 与在线粒体结合时的性质的差异，证明细胞色素 b 与琥珀酸脱氢酶不是同一物质。回国后与王应睐及汪静英合作，纯化了琥珀酸脱氢酶，并发现其辅基为与蛋白共价结合的 FAD，这是第一个被发现的与蛋白共价结合的 FAD 辅基。对呼吸链及其他酶系进行的一系列工作，为我国酶学及呼吸链研究奠定了良好的基础。

1958年以后，参加发起人工合成胰岛素工作，并负责胰岛素A及B链的拆合，这项工作的顺利完成确定了胰岛素合成路线，为胰岛素的人工合成做出了重大贡献。20世纪60年代初，又回到酶的研究工作，所确立的蛋白质必需基团的化学修饰和活性丧失的定量关系公式，以及确定必需基团数的方法已经为国际上广泛接受和采用，并被收入一些教科书和专著，其公式及方法分别被称为“邹氏公式”和“邹氏作图法”。接着又提出酶作用不可逆抑制动力学的理论和抑制反应速度常数测定的方法，经过多年理论上的发展和实验验证，也已经为国际上普遍接受，方法也得到广泛的采用。

20世纪70年代，邹承鲁发现甘油醛-3-磷酸脱氢酶在活性部位形成荧光衍生物；细胞色素b的还原表现为三相动力学过程；胰岛素A及B链本身具有一定的空间结构，在溶液中能正确地相互配对，并含有形成天然胰岛素正确结构的信息。在研究酶的空间结构与其功能关系的工作中，发现在低浓度变性剂存在下，某些酶在活性已大部分丧失时，还观察不到酶分子的任何构象变化，因此得出酶的活性部位处于酶分子的局部区域并且柔性较高的结论。最近又提出酶活性部位的柔性为酶充分表现其催化活性所必需，在蛋白质生物合成过程中，分子的折叠是与合成同时进行的看法。以上这些都是具有重大意义的开创性工作。这些结论与看法，也已逐渐为国际上所接受。

邹承鲁为我国生物学界培养了一大批人才，其中不少现在已经是国内外知名的科学家。他在国内外重要杂志上发表科学论文200余篇。由于在生物化学领域内的贡献，1989年获陈嘉庚奖，1992年获第三世界科学院生物学奖。人工合成胰岛素及蛋白质必需基团的化学修饰和酶活性丧失的定量关系工作，分别获第二次和第三次国家自然科学奖一等奖。甘油醛-3-磷酸脱氢酶活性部位新荧光团的形成，酶活性部位的柔性和酶作用不可逆抑制动力学，胰岛素A及B链含有形成完整分子的结构信息等工作，先后获国家自然科学奖二等奖三次，中国科学院科技进步和自然科学奖一等奖四次。此外还获得国家及中国科学院自然科学奖三等奖多次。

邹承鲁治学严谨，知识面广。他一贯坚持科学上的重大决策应该充分听取科学家的意见，科学上的是非只能依靠科学家集体的评议，最终只能依靠长期科学实践的考验来判断，坚决反对用行政手段决定科学问题的是非，或者采取专家评议的形式，而实际上仍然由行政领导决定。他特别反对科学界的个别人以浮夸等不正当的方式谋求名利，认为科学上的贡献，只能靠从踏实的工作中取得成果，靠在科学期刊上公开发表论文，经过国内外科学界反复的实践，逐渐取得国际上的公认，绝不能靠向领导作自我宣传，或利用报纸及其他新闻媒介，谋求廉价的新闻价值从而取得所谓荣誉。近年来他为反对伪科学，反对科学界个别人的某些违反科学道德的行为进行了不懈的斗争。

（赵康源）

《植物学大辞典》（*A Dictionary of Botany*）

由杜亚泉主编的《植物学大辞典》，于1918年2月由商务印书馆出版。编著工作于1905年开始，作者们克服了许多困难，历时12年才得以编成。

《植物学大辞典》全书1 700余页，收有植物名词8 980余条，其中包括西文术语辞5 880余条，日本假名标音植物名称4 170余条。每种植物之下列有中文名称、拉丁学名、日文名称，形态描述，产地，用途，中文名

别名的古籍考证等，附有插图1 002 幅。植物学术语下附英文、德文。书前列有按笔画顺序排列的汉语条文目录；书后附有四角号码汉语索引、拉丁学名索引与日文学名索引。

《植物学大辞典》利用了大量中国古籍和西文、日文资料，融会了中国古代科学成就与当时的外来科学知识，是中国植物学的一部重要工具书，对中国植物学的发展起了积极作用。

（薛攀皋）

“金鱼外形的变异”(Variation on External Characters of *Carassius auratus*)

陈桢（1894～1957），男，汉族，江西铅山人。1925 年发表的论文“金鱼外形的变异”，对金鱼的体形、体色、头、眼、鼻隔、鳃盖、鳞片等的各种变异进行了描述，论证了金鱼是在我国宋朝时，由野生鲫鱼经家化形成的，并提出获得性遗传观点不能说明变异的产生，“突变论”则可解释部分变异的产生。该论文被认为是研究金鱼变异、进化与遗传的经典文献。1929 年，他用杂交分析证明了金鱼的“透明”和“五花”符合孟德尔不完全显性遗传。这是在鱼类中首次证明了孟德尔遗传的存在。20 世纪20 年代时，孟德尔定律刚刚介绍到我国，鱼类中是否存在孟德尔遗传国际上亦无所知。因此，它的研究工作受到国际上的重视，美国鱼类遗传学家 Gordon Myron、日本金鱼遗传学家松井佳一都赞誉他为鱼类遗传研究的先驱。1934 年他又证明金鱼的“蓝色”决定于一对隐性基因，“褐色”决定于四对隐性基因。他还用杂交法创造了不再分离的“蓝褐色”金鱼品种。1954 年发表论文“金鱼家化史与品种形成因素”，说明金鱼最初是于宋朝在中国浙江杭州、嘉兴等地野生鲫鱼中产生了红黄色变异体，以后经过半家化、家化、盆养和有意识选择四个时期演变，才形成众多的金鱼品种。在该论文中，他明确提出生活条件的改变和人工选择是金鱼品种形成的主要因素。该论文发表后，先后被译为英文、日文，在国内外产生了广泛的影响。

参考文献

Chen, C.: Variation on External Characters of *Carassius auratus*. *Cont. Biol. Lab. Sci. Soc. China*, 1 (1): 1～64, 1925。

Chen, C.: Transparency and Motling, a case of Mendelian Inheritance in Goldfish. *Genetics*, 13: 434～452, 1929。

Chen, C.: Inheritance of Blue and Brown colors in Goldfish, *Carassius auratus*. *J. Genet*, 24 (1): 61～74, 1934。

陈桢：金鱼家化史与品种形成因素，《动物学报》，6 (2): 89～116，1954。

（李　璞）

《中国植物图谱》(*Icones Plantarum Sinicarum*)

《中国植物图谱》是我国第一部现代植物图谱，由胡先骕和陈焕镛合著，分5 卷出版。第一卷（1927）和第二卷（1929）在上海商务印书馆印行，第三卷（1933)、第四卷和第五卷（1937）改由北平静生生物所印行。每卷各记载中国植物50 种，并各附一幅原大的图版，全书共记载250 种植物和250 幅图版。每种植物有拉丁学名、原始文献、异名、分布、生态环境的英、中文介绍及中文名称。全书共发表3 个新组合，1 新属即“捷克木属” *Sinojackia* Hu（即秤锤树属)，2 个新种即捷克木（*Sinojackia xylocarpa* Hu，即秤锤树）和邹氏葱兰(*Zephyranthes tsouii* Hu，前者的属名“*Sinojackia*”以美国哈佛大学阿诺德森林植物学院教授J. G. Jack 命名，后者的种加词 *tsouii* 是纪念东南大学农科主任邹秉

文)。该书还对福建柏*Fokienia hodginsii*、秤锤树 *Sinojackia xylocarpa* 等物种的濒危状态作了记载。

(薛攀皋)

“欧洲蕨根状茎组织的起源与发育” (Origin and Development of Tissues in Rhizome of *Pteris aquilina*)

本文系张景钺于1927年以英文发表在 *Botanical Gazette* 第83卷第4期上的一篇植物解剖学的研究论文,为张景钺1925年在美国芝加哥大学博士学位论文的一部分。全文详细地描述了根状茎由斧状顶端细胞以两个方向分裂出衍生的初生分生组织,并由此分化出内皮层、中柱鞘、韧皮部、木质部和不定根的过程。文中着重讨论了顶端细胞以两个方向分裂并产生初生分生组织的特点及其对形成欧洲蕨根状茎腹背结构的影响。此外,还纠正了过去关于这类蕨组织分化中的一些错误观察。本文写作于20世纪20年代,当时植物科学正从以系统发育为中心的研究逐步转向以个体发育为中心研究植物生命活动问题。本文代表了当时根据植物个体发育的规律,从生长锥开始追踪成熟组织结构的植物解剖学的研究趋势和指导思想,对该学科的发展有重要的影响。

(朱　澂)

“光变化对光合速率的瞬时效应” (The Immediate Effect of Change of Light on the Rate of Photosynthesis)

这是当时任南开大学教授的李继侗在1929年发表在英国植物学期刊(*Annals of Botany*, Vol. 43, pp587~601)上的一篇论文。他在文章引言中说,他所讲授的植物生理学课程的一个学生(即殷宏章)在1927年秋天用气泡计数法测定光色对光合作用的效应时观察到一个非常有趣的现象,当有色滤光片放到光源和植物材料(一枝伊乐藻的茎)之间时,后者瞬时停止释放气泡。过半分钟或一分钟后气泡缓慢出现并逐渐增加至恒速。当此滤光片拿开时气泡释放的速度突然增加至很高,然后逐渐下降至恒速。似乎这有色滤光片对光合作用有一个起始抑制效应,而白光有一个起始促进效应。这个事实立即被注意,于是用其他有色滤光片和其他植株重复此实验,以证实上述观察结果。因此进行了较仔细的多方面研究,并发表了此论文。这个实验结果的意义当时并没有被人们所认识。直到30年后,英国的Blinks 用更精确的仪器进行研究,观察到类似结果,称之为光色瞬变效应;Emerson 用不同波长光分别和同时照射来研究光合作用,发现了双光增益效应。两者结合起来,人们从而建立了光合作用中存在两种光化学反应的概念,这时French 才在综述文章中提到李继侗他们的工作可以说是发现光合作用存在两种光化学反应的先驱。

(沈允钢)

“蛋白质变性理论” (Study on Denaturation of Proteins)

吴宪在1931年用英文发表的关于蛋白质变性的论文 Study on Denaturation of Proteins. XIII. A Theory of Denaturation. *Chinese Journal of Physiology*, 5(4): 321~344, 1931。1995年在蛋白质研究领域内国际上最具有权威性的综述性丛书 *Advances in Protein Chemistry* 第47卷上重新刊登。该丛书还同时发表了蛋白质研究的老前辈、美国哈佛大学J. T. Edsall 教授的文章“吴宪与第一个蛋白质变性理论”,对吴宪的学术成就给予了极高的评价。

当时,国际上对蛋白质变性还没有清楚

的认识，往往把变性与沉淀、聚集、絮凝等现象混为一谈。吴宪在总结蛋白质变性实验研究的基础上区分了这些现象，充分讨论了变性作用的特点。他认为变性作用具有如下特征：1. 可由不同因素引起；2. 易于发生；3. 分子量不变；4. 不发生化学变化；5. 一般为单分子反应；6. 变性速度受氢离子浓度影响；7. 变性后有酸碱结合能力的变化；8. 变性后较易被胰蛋白酶水解；9. 抗原行为发生变化；10. 黏度发生变化。随后吴宪又讨论了天然蛋白质的结构特征，指出天然蛋白质分子的可结晶性、生物学行为的特异性和生命物质的有组织性；并根据蛋白质溶液的特征，包括在水溶液表面的分散、表面张力、超离心沉降时的摩擦系数、流动双折射等物理性质，指出天然的可溶性蛋白质分子具有由次级键所维系的紧密的晶态分子结构，但易为各种物理或化学的力量所破坏。变性是天然蛋白的无序化，由有序的紧密结构转变为无序的、散漫的、可运动的开放性的链状分子。他在论文的中文摘要中写道："天然蛋白质之分子，因环境种种之关系，从有程序而坚密之构造，变为无程序而散漫之构造，是为变性作用。"应该指出，在1931年，蛋白质中的肽键结构尚未被普遍接受，最早的蛋白质结晶才不过刚刚完成，吴宪提出了蛋白质变性理论，在思想上是超前于他所处的时代的。这就是他的理论在世界范围内被广泛接受，他的论文在半个多世纪后仍然值得重新发表的原因。吴宪的变性理论仍然是当前国际上蛋白质变性和蛋白质折叠研究的基础。蛋白质变性理论是中国吴宪的首创。

（王志珍）

《动物学大辞典》（*A Dictionary of Zoology*）

《动物学大辞典》初版和缩印本初版，先后于1932年10月和1933年6月由商务印书馆出版发行。主负责人是杜就田。

《动物学大辞典》的卷帙远超过《植物学大辞典》，正编达2 635页，收录动物名称与动物学术语一万余条。这些名称、术语以中文为主，并列以西文和日文，附有解释和图谱。正编前有凡例、动物学术语图解、动物界概略、动物分类学条目、动物命名概说、地质系统年代对照表等。正编后有西文索引、日本假名索引、汉文四角号码索引等。它同《植物学大辞典》一样被认为是科学界的巨著，在介绍外来动物学知识，促进近现代动物学在中国的发展方面，具有重要的历史意义。

（薛攀皋）

《华北蟹类志》（*The Brachyura Crustacea of North China*）

作者沈嘉瑞，1932年由北平静生生物调查所出版。是我国无脊椎动物甲壳类的第一本专著，为我国填补了蟹类分类学研究的空白，并奠定了坚实的研究基础。作者亲自于1929～1931年，沿华北海岸，北起辽东半岛南至山东半岛，包括辽东湾、渤海湾的海区，采集了大量的蟹类标本。经分析、鉴定，共描述记载了68种蟹类，其中约10个新种，分隶于37属，16科。每种均附有详细的文献引证，扼要的鉴别特征，详尽的形态描述及产地，并有精确的插图和整体图版。这是我国第一本蟹类学研究专著，也是印度西太平洋区蟹类研究划时代作品，为20世纪30年代突出的分类学著作。该书一出版便在国内外引起极大的反响，成为这个领域内主要的参考书之一，发行面极广，直至20世纪80年代，仍有国外学者向国内索购该书。

（戴爱云）

《中国昆虫名录》（*Catalogus Insectorum Sinensium*）

《中国昆虫名录》由胡经甫教授编著，1935～1936年在北平定期出版，共6卷。收集的种类截止于1933年，大约19 000种，隶属于24个目。本名录提供了不同目、科及种的重要文献名录，每种具有同物异名的引证以及在中国的分布点和一般的分布范围；每个目或科后提供了属、种及其同物异名的索引；并且在每卷末提供了本卷记述的所有属及其同物异名的索引。关于名录中种类的系统排列，由于不同专家对不同类群或目的系统分类存在不同的意见，因此有关异议在文中适当位置均加有脚注。

《中国昆虫名录》是当时昆虫学界的巨著，是当时最全面、记述种类最多的昆虫名录，其重要意义不仅仅在于系统总结和整理了1933年以前中国分布的昆虫种类，而且对近代中国昆虫形态学、昆虫分类学、昆虫生态学及生物防治等方面的研究工作起到了很大的推动作用。

（张广学　乔格侠）

《河北鸟类志》（*The Birds of Hebei Province*）

本志是目前研究我国河北鸟类的比较完整的专著。由寿振黄先生编著，1936年刊登在*Zoologia Sinica* B系第15卷上，由静生生物调查所印行，全文为英文。本志是在10年野外考察的基础上，综合早期文献编纂而成的，共记述了我国河北省（不含原察哈尔省）分布的鸟类18目67科246属416种。在总论中还对河北省的地理、植被、气候以至节气都作了简要介绍。在各论中记述了每种的学名、中文名、俗名、英文名、形态特征、量衡度、栖息环境、分布等，并对迁徙类型进行了初步分析。本志附有地图1幅，鸟类插图506幅（多为头、脚的特征图），还包括鸟类巢卵、栖息环境的图版共25版。本志整理总结了以往的科学资料，对以后进一步研究河北鸟类有重要的参考价值。

（徐延恭）

“迷走神经与大脑垂体后叶之反射”（A Vagus-post-Pituitary Reflex）

这是张锡钧领导组织当时北平协和医学院生理学系林可胜、贾国藩、徐庆祥、谢维铭、吕运明、王志均、汪堃仁、黄仁若、臧玉佺等参加研究所发表的系列文章，共包括九篇，即：“加压之成分”、“增进血糖之作用”、“刺激子宫素之成分”、“反射弧束道之勘定附视丘下部交感性加压机能之检讨”、“大脑垂体后叶之分泌细胞”、“空竭与复原之现象”、“脊椎动物未加依色林（eserine）之迷走神经之反应”、“利尿之功效”、“迷走视上束之地位概况”。这九篇文章都陆续刊登在1937～1940年的《中国生理学杂志》（*Chinese Journal of Physiology*）上，全文以英文发表，有中文摘要。

按照20世纪30年代的传统认识，脑垂体是独立于神经系统之外起作用的内分泌组织，而且刺激迷走神经干或静脉注射乙酰胆碱有降压作用。但张锡钧发现刺激迷走神经中枢端有升压反应。他抓住这一现象展开了这一研究。在“迷走神经与大脑垂体后叶之反射”的文章中首先提出了“迷走神经—垂体后叶反射”的学说。他们所用的实验方法是将犬麻醉后，分离出颈动脉、颈静脉和迷走神经，然后用老虎钳把颈部夹紧，使脑部与躯干部断绝联系，仅留两对血管与身体各部相通。再把迷走神经从颈部切断，然后用电刺激其向脑的一端。发现刺激迷走神经所引起的血压升高较为缓慢而且历时较长，和注射后垂体素后之反应相似，与注射肾上腺

素的不同。切除肾上腺后动物仍有升压反应。摘除脑垂体，则此升压反应不能产生。这是最重要的证据，这说明血压的升高是垂体后叶释放分泌物的结果。他们又以组织学的方法证明刺激迷走神经时垂体后叶细胞细胞体膨大，细胞体内颗粒丧失或减少，细胞的“长突起”失落。他们进一步证明，刺激迷走神经向中枢端还能引起猫血糖浓度升高、未生育过的狗子宫收缩，以及抗利尿效应。这些都是已知大脑垂体后叶内分泌的作用。他们又发现迷走神经经多次刺激，血压升高反应的程度逐渐降低，如给以一定时间的休息，则反应重见加强。说明前者代表垂体后叶分泌的空竭，后者则为分泌的复原。他们认为迷走神经—垂体后叶反射的中枢在下丘脑的视束上区，并假定有一传入纤维自迷走神经分支进入，视束上区有传出纤维到垂体后叶，以控制后叶的分泌。

这一系列工作无可辩驳地证明“迷走神经—垂体后叶反射”学说的正确，证明了脑垂体这一内分泌组织是受神经系统支配的。这一学说发表后得到各国许多研究者的重视和支持，被认为是生理学上的一项重大进展。

（周　郑）

《中国树木分类学》(*Illustrated Manual of Chinese Trees and Shrubs*)

本书系作者陈嵘应中华农学会丛书编辑委员会之约，将近20 年来所搜集的资料充实整理而成的，1937 年由南京京华书馆印刷出版，1953 年7 月，作者增加69 个树种，续成补编，由中国图书发行公司南京分公司重印；1957 年作者修订本书时又增加了我国亚热带特产用材和经济树种，有关水土保持和盐碱地树种155 种等内容。《中国树木分类学》分前编、正编、附录及补编各部分，正编为全书主体，共记载我国树木2 550 种，记述111 科 550 属的形态特征及其分属分种检索表，其中包括有重要经济价值的用材、纤维、油料、果树、花木、药用、工业原料以及保持水土等方面的树种；此外，还记载一些从国外引入栽培的重要树种。本书的每一树种均列有拉丁学名、通用中名、地区俗名及英文名称；对树木形态，如茎、树皮、叶、花序、花、果、种子以及花期、果期均有描述记载，并介绍其产地和经济价值，文字简明扼要，通俗易懂；全书还附有插图1 165 幅。

本书为中国树木分类学及植物分类学最早的科学巨著。几十年来，成为大专院校生物学系及林学专业的重要教学参考书，为农业、园艺、园林绿化、工业、医药等方面提供了重要参考资料，是一部很有影响的学术著作。

（洪　涛）

“水龙骨科的自然分类” (On Natural Classification of the Family Polypodiaceae)

这是秦仁昌1940 年发表在《中山大学学报》第 5 卷第4 期上的一篇蕨类学论文。在这以前，英国W. J. Hooker 系统一直统治着世界蕨类植物分类学界。在Hooker（虎克）系统中，水龙骨科包含了200 多个属，占真蕨类植物85％的种类，是一个很不自然而庞杂的混合体。作者在研究了捷克斯洛伐克普莱氏(Presl) 系统及法国蕨类植物形态学家鲍尔(Baower) 的专著 *The Ferns* 以及 C. Christensen 的系统之后，根据外部形态和内部结构，将传统的水龙骨科分裂为33 科、249 属，分属于5 条谱系线，勾画出彼此间可能的演化关系。其中，水龙骨科仅限于内部结构较进化的一群。这是近代蕨类植物系统分类学上的一个重大突破，它引起当时国际蕨类学界的重视和争论。随着许多相关学科的不断发展，新的蕨类植物系统不断出现和改进，

秦的一些观点也逐渐被同行所接受。如原先反对他的美国著名蕨类学家E·B·科普兰特在他的巨著《真蕨属志》(1947)中部分采纳了秦的观点，并在序言中写上“在极端困难的条件下，秦不知疲乏地为中国在科学的进步中赢得了一个新的地位”。这一系统在翌年获荷印隆福氏生物学奖。随后，经过数十年的野外考察和室内研究，结合有关学科的成果，秦于1953年提出了第一个中国蕨类植物分类系统，并于1978年完善了这一系统，为全国各标本馆所采用，他的观点不同程度地被国际蕨类学界所赞同。

（邢公侠）

“活细胞吸水的热力学处理”

(Thermodynamic Formation of the Water Relations in an Isolated Living Cell)

汤佩松与理论物理学家王竹溪在20世纪40年代合作进行关于植物细胞内水分运动机理的研究。他们共同合作的“活细胞吸水的热力学处理”这篇文章意义重大，因为在植物生理学家中，对于水分如何进出植物细胞一直是用压力来说明的，而不是用热力学函数来说明，所以在研究工作和教学工作中遇到许多困难。西方的学者于20世纪60年代才意识到这一问题，并做了改正，这就是现在通用的细胞水势这一概念。然而汤佩松和王竹溪却比他们早20多年就已解决了这个问题。所以美国的水分生理学权威克莱墨尔(P. J. Kramer)在1985年写道：“20年后的今天，当人们早已讨论并认为已经在1960年解决了这个问题后方发现了这篇论文。……希望本文献能……弥补我们对汤和王关于细胞水分热力学的先驱性论文的长期忽视的遗憾。”汤佩松和王竹溪的论文于1941年发表于美国的《物理化学学报》，可能当时没有受到植物生理学家的注意。应该说，对植物细胞水分关系的热力学解释是由我国的植物生理学家汤佩松首先发现的。

（匡廷云　梁　峥）

“异色瓢虫色斑遗传中的嵌镶显性”

(Mosaic Dominance in the Inheritance of Color Patterns in the Lady-Bird Beetle, *Harmonia axyridis*)

亚洲异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)是蚜虫的天敌。这种昆虫的鞘翅底色是黄色的，底色上有黑色的斑点或条纹组成黄黑相间的图案。鞘翅上的色斑图案有很多变异。变异的类型是分类学家和遗传进化学家研究的对象。目前，已根据不同的色斑图案把异色瓢虫分成105个变种，而且调查统计了不同色斑类型的地方分布频率，进行群体遗传学和进化研究。

谈家桢从20世纪30年代以后从事瓢虫研究，发现了异色瓢虫色斑变异的地理分布规律，即不同类型出现的频率随地理纬度的变化而改变；黑色斑纹既受基因决定，也受环境条件特别是蛹期温度的影响；并通过杂交试验证明异色瓢虫的色斑类型由复等位基因控制，遵循孟德尔遗传规律。

1944年春，谈家桢在贵州湄潭唐家祠堂观察瓢虫杂交后代时，发现在瓢虫鞘翅的黄黑色斑的图案中，杂种双亲的黑色部分都显现出来，相同的部分重叠在一起，黄色则被黑色掩盖了。他把这些以前从未观察到的现象告诉了贝时璋。贝时璋建议称此现象为嵌镶显性(Mosaic dominance)。1946年谈家桢在美国杂志*Genetics*上发表了“异色瓢虫*H. axyridis*色斑遗传中的嵌镶显性”，提出鞘翅色斑遗传至少受30多个复等位基因控制，色斑的图案的变异实际上是嵌镶杂合体，即一个等位基因影响身体的一部分性状，另一个等位基因则影响身体的另一部分性状；在杂

合体中，两个等位基因所控制的性状都呈显性表现出来，性状的相同部分则重叠在一起。于是出现了嵌镶显性现象。

嵌镶显性的发现及其遗传规律的探索，丰富了对生物体性状遗传方式的认识，对遗传学的发展做出了重大贡献。

（赵寿元）

“猴运动皮层内肌肉部位代表性”（Topographical Representation of Muscles in Motor Cortex of Monkeys）

张香桐在耶鲁大学攻读博士学位期间，作为第一作者发表的“猴运动皮层内肌肉部位代表性”的论文，澄清了一个长期以来争论不休的重要问题，即在运动皮层中所代表的究竟是运动还是肌肉？一种意见认为，在运动皮层中各块肌肉都有互相分开的代表区，刺激运动皮层的一个点会引起某一块肌肉收缩。但支持这一观点的研究工作都是在刺激运动皮层时观察关节的运动，再从关节运动来推断肌肉的收缩，或在皮肤外记录肌肉收缩引起的肌电。这些实验方法都难以清楚地确定是否只有一块肌肉在收缩，因而不能完全使人信服。另一些人则主张，在运动皮层中所代表的是运动而不是肌肉，认为管理各块肌肉的皮层输出神经元是在皮层中均匀而互相混杂地分布的，不存在各自独立的各块肌肉的代表区。针对这一争论，张香桐和T. C. Ruch、A. A. Ward 将支配踝关节的8 块肌肉分离出来，在刺激运动皮层的同时分别记录这些肌肉的收缩反应。他们证明，每块肌肉都有自己的皮层代表区，各代表区的中心区互不重叠，但代表区的周边区则与其他肌肉的代表区互相重叠。这一创造性的研究否定了皮层输出神经元均匀分布的假设，同时也肯定各肌肉代表区之间有相当程度的重叠，深化了对运动皮层功能组构的了解，因此被公认为是这一领域的经典工作之一，经常被有关文献和教科书引用。1989 年美国出版的《神经科学百科全书》（*Encyclopedia of Neuroscience*），因张香桐的这一工作而将他收入该书编辑的“公元前300 年至公元1950 年间对神经科学进展有贡献的人物简介”内。

（吴建屏）

“马先蒿属的一个新系统” （A New system of *Pedicularis*）

这是植物分类学家钟补求教授在研究全世界的植物标本，查阅大量文献，分析前人各个系统的基础上建立的玄参科马先蒿属植物的一个新的分类系统，发表于《植物分类学报》第4 卷（1955 年10 月）（Ⅰ）、第5 卷（1956）（续Ⅰ.Ⅱ）和第10 卷（1961）（续Ⅲ）上。

随着达尔文的《物种起源》问世，进化论逐渐深入人心，生物学家不断努力，探求反映生物进化的分类系统。玄参科的马先蒿属是一个特大属，有600 多种，广泛分布于北半球的温带地区，尤其集中于喜马拉雅山区。我国有350 种，是我国西部高山草甸中极为常见的植物。在钟补求之前，已至少有9 个分类系统。钟补求于1948 年开始研究马先蒿属植物。他在英国Kew 皇家植物园、爱丁堡皇家植物园标本馆和巴黎自然博物馆研究了全部马先蒿属标本，查阅了大量文献，研究了该属的研究历史，剖析了各个系统的优缺点，1951 年至1952 年又亲赴西藏，仔细观察大量活标本。前人的系统中除李惠林的之外，全是仅仅依据形态的表面相似性，他们的系统都是“横”的系统，未能揭示植物间的进化关系。而李惠林的系统虽然揭示了部分“直”的进化关系，但对叶和体态的认识上还是“横”的。钟补求在深入分析各种形态性

状和地理分布的基础上，识别出马先蒿属植物花冠的两种基本类型和花冠分别在不同进化线上从无齿型经由有齿型、有喙型向长管型进化的趋势，并在此基础上建立了他的新系统。这一新系统揭示了马先蒿属各植物类群之间的进化关系，即系统发育关系。

钟补求对马先蒿属的系统发育研究不仅在国内是开拓性的研究，其研究的深度、广度和学术上的新见解在世界上也甚罕见。为此，钟补求获得了1956年我国首次颁布的自然科学奖二等奖（当年仅有3个一等奖，5个二等奖）。在钟补求1981年谢世之时，英国的Kew皇家植物园发来唁电，称钟补求为“世界马先蒿属权威”。

（洪德元）

《脊椎动物的演化》（*Evolution of the Vertebrate*）

杨钟健是中国古脊椎动物与古人类学的奠基人，他的专著《脊椎动物的演化》是我国首部全面系统阐述古脊椎动物与古人类学的著作，由科学出版社于1955年2月在北京出版。全书分为三篇。上篇，亦叫做通论，是介绍有关古生物学，特别着重于古脊椎动物学的一些知识。诸如古生物学的发展历史，化石，特别是脊椎动物化石的生成、保存与采集，地质年代与年代的对比，动物的分类，陆生动物与水生动物的分布等。通过这一篇，使读者了解古生物学研究的目的性和一些工作或研究方法。中篇和下篇主要是分论。中篇讲述了脊椎动物的特性与一般构造，以及从原始的脊椎动物到鸟类与似哺乳爬行动物，可用两个起源概括，鱼类（亦即整个脊椎动物亚门）的起源；陆上脊椎动物的起源，即“从水到陆”或从水生的鱼类到陆生四足脊椎动物的起源。下篇讲述了哺乳动物的一般构造，以及原始的哺乳动物、食虫类、灵长类、肉食类、奇蹄类和偶蹄类等门类，并探讨了哺乳类与人类的起源问题。全书的最后两章可以当做全书的总结，其中一章论述了这门学科当时的发展状况和存在的一些问题，最后一章主要介绍我国脊椎动物学的发展和脊椎动物化石的层位，深入分析了脊椎动物化石存在的岩体状况，形象地说，即“红层堆积”与“土状堆积”。

全书内容丰富，在资料数据、观点、方法上，都广泛吸收和概括了当时世界上最新的研究成果，同时也注入了我国古脊椎动物与古人类研究方面的一些主要发现和初步成果。此外，还有一些在生物学与地层学上很有意义的发现。在脊椎动物和人类的起源、发展历史、地理分布以至形态、分类上，也有不少补充和修订。作者根据大量的化石资料，追溯了从古生代以来脊椎动物发生、发展和演化的历史，叙述了人类的形成与进化历史，同时亦描述了古脊椎动物的生活环境及生活习性。该书从广度和深度上都是一部完整系统的著作，是每个有关的科学工作者的必读之书。

古脊椎动物学作为一门近代科学，在中国开始于19世纪70年代，而脊椎动物化石的研究，在解放前的一百多年里，完全是在侵略者的掠夺和压迫下进行的，他们或在我国做顾问，或以传教的名义出现，或以科学考察或其他方式，对脊椎动物化石进行有计划的发掘，使我国极有价值的脊椎动物化石材料被大量运往国外。中国拥有丰富的脊椎动物化石，在全世界占有极重要的位置。但其研究工作方面，在20世纪50年代初期还是相当薄弱的，这首先表现在研究人员太少，从事此项工作的专家屈指可数，化石材料多，能研究出来的成果却很少。另一方面，国家建设刚刚开始，古生物学作为地质学的一门分支学科，有很多基础工作需要完成，因此培

养新的古脊椎动物学工作者已是迫在眉睫。杨钟健的系统教材和专著《脊椎动物的演化》的出版，为我国古脊椎动物学研究工作的开展奠定了基础。

杨钟健撰写这部著作是一项开创性的工作。书中系统阐述的鱼类（亦即整个脊椎动物亚门）、陆生脊椎动物、哺乳类和人类的起源这四项基本任务，主要是生物进化史方面的课题，他从地学方面提出了与之相对应的“两种堆积”，即“红层堆积”和“土状堆积”的概念。“红层堆积”是探寻早期鱼类（包括它们的原索动物祖先）、低等四足动物、恐龙等各种爬行类、早期哺乳类、灵长类化石及研究产化石地层与古环境、古地理问题的重要对象。而“土状堆积”则是寻找发掘人类与现代类型脊椎动物化石、史前文化遗址，探索人类及人种的起源、发展历史与古人类生态环境的主要对象。我国有发育良好、分布广泛的陆相堆积，在这些概念指导下，这些地区逐渐成为中国科学院古脊椎动物与古人类研究所寻找化石，观察研究古脊椎动物化石分布与环境变迁的主要靶区。时至今日，该所的研究方向、任务以及研究室的设置，仍是在“四个起源”与“两种堆积”的基础上引申发展和制定规划的。

（曹　颖）

《中国经济昆虫志》（*Economic Insect Fauna of China*）

《中国经济昆虫志》的编研，自1956 年以来，先后被列入“国家12 年科学技术发展远景规划”、中国科学院重点项目和国家自然基金项目。该项工作由中国科学院动物研究所主持，并组织全国12 个科研单位和大专院校的114 位昆虫分类学家进行编研。

《中国经济昆虫志》是我国昆虫学的第一部大型系列专著。从1959 年出版第一册到1997 年出版最后一册，历时38 年，共出版55 册。每册均分总论和各论两大部分。全套专著系统记述了我国具有重要经济价值的昆虫纲各个类群，总计记述了11 目215 科3 275属9 306种，其中包含新种1 648种，记述种数约占我国已鉴定种数的1/3。全套编纂字数有1 579.9万字，彩色图589 版，黑白插图9 272 幅。

《中国经济昆虫志》是中华民族有史以来规模最大、涉及类群最多的昆虫学研究巨著，是科学研究密切联系生产实际的产物，是我国昆虫分类区系研究成果的基本反映。全套著作的出版，大大地促进了我国及世界昆虫学研究的发展。

（赵仲苓）

《中国植物志》（*Flora of China*）

《中国植物志》是中国科学院领导下的中国植物志编辑委员会组织中国科学院各植物研究所和全国一些大学有关专家进行编研的有关中国蕨类植物和种子植物种类较齐全的一部植物分类学方面的巨著，也是世界上包括植物种类最多的一部植物志。全书共80 卷，125 册，包括300 余科，3 万余种植物。主要内容为在中国境内分布的植物各科、属、种的检索表，科、属、种以及种以下分类群的中文名、学名和异名，有关的文献引证，形态特征的描述，地理分布，生境以及用途等，30％～50％的种类还附有图。

植物是人类生存不可缺少的物质，要开发利用和保护植物，使之更好地为人类服务，需要对国内植物作全面的调查和了解，《中国植物志》就是在调查和了解的基础上对中国现有植物种类的系统总结，不但是植物学其他分支学科的重要参考书，也是农、林、牧、医药、工业等部门辨认植物、利用和开发植物资源所不可缺少的科学依据。就是国外的

植物分类学专家也十分重视《中国植物志》，因为种类繁多的中国植物是他们研究世界各国植物不可缺少的参考。《中国植物志》中的检索表是用来帮助人们根据植物不同性状特征查找和鉴别植物种类的。人们还可以根据植物的分布区、生态习性区分植被类型，划分植物区系，按照植物生长、分布的规律，保护和改造人类生活的环境，因此不论在学术上还是在经济建设方面都是一部重要的参考书。

《中国植物志》由科学出版社出版。

（戴伦凯）

《中国植物花粉形态》（*Pollen Flora of China*）

《中国植物花粉形态》一书由王伏雄、钱南芬、张玉龙、杨惠秋撰写，1960 年出版第一版，署名为中国科学院植物研究所形态室孢粉组，后经过较大增订，于1995 年出版第二版，署名恢复为前面作者。两版均由科学出版社出版。本书分为两部分，前面引论部分叙述了孢粉学的内容、花粉制片方法、花粉形态及花粉的描述绘图和显微照相；后面专论部分共描述分布于我国的植物花粉形态118 科900 属1 400多种，各科都附有花粉类型图共179 幅，显微照片共97 版。第二版增加了植物地理分布及生态习性，显微照片增加到205 版，并增加了我国一些特有属种，还根据已出版的《中国植物志》和《中国植物图鉴》，对该书植物名称作了订正，使该书更趋完善。该书为我国第一本孢粉形态学专著，对我国孢粉学的发展做出了重大贡献，从理论上可为植物分类和系统演化，以及探讨古地理、古气候、古植被等环境变化提供孢粉学论据，在生产上可为石油、煤炭、地质勘探中的化石花粉鉴定提供依据，并涉及蜂蜜资源及花粉症（枯草热）等方面。该书一出版，就成为我国孢粉工作者必不可少的参考书，并深受国外同行重视。

（张玉龙）

《中国经济植物志》（*Economic Plants in China*）

1958 年国务院发出“关于利用和收集我国野生植物原料”的指示后，中国科学院与商业部为了很好地贯彻国务院指示，于1959年2 月一起打了“开展野生植物普查和编写中国经济植物志”的报告，经国务院批准后，中国科学院和商业部与各省和各地区联系，先后成立了植物资源普查机构，开展了全面而深入的植物资源普查工作，为开发和利用植物资源奠定了很好的基础，同时也为中国经济植物志的编写积累了丰富的资料。1960年1 月中国科学院通知植物研究所与商业部共同组成中国经济植物志编辑联合办公室，组织有关科研人员，开始了中国经济植物志的编研工作。在广泛深入调查的基础上，全国有关单位分工合作，很快就完成编写任务，并于1961 年出版，但仅作为内部资料出版，并未公开发行。

《中国经济植物志》分上、下两册，收集有经济价值的植物2 400 余种，上册包括纤维类、淀粉及糖类、油脂类和鞣料类；下册包括芳香油类、树脂和树胶类、橡胶和硬橡胶类、药用类、土农药类及其他类别。每种植物有中文名、学名，用途，可利用的植物部分和化学成分，采收处理，有的种类还有形态描述、分布、生境等。它为国内开发利用植物资源提供了十分重要的参考资料。

（戴伦凯）

《中国无尾两栖类》（*Chinese Tailless Amphibians*）

刘承钊、胡淑琴著。科学出版社1961 年

出版。这是全面论述我国无尾两栖动物的第一部专著，获 1987 年我国自然科学奖二等奖。本书全面记述了当时我国已知两栖纲无尾目动物 4 亚目 7 科 20 属 120 种及亚种和未定名的 11 种蝌蚪，对各亚目、科、属有特征介绍、下一级分类阶元的检索，详尽描述和介绍了各种及亚种生活史各期的形态、生活习性、分布范围、成体和蝌蚪各部的测量数据等，并有丰富的插图。本书突出的特点是，对许多属都有长达一到二页的讨论，介绍该属的历史、种的变迁、分类现状，并提出今后应研究的问题，对本学科的研究有极大的参考价值和启迪作用。本书出版后，获得国内外同行的高度评价，其影响延续到了下一世纪。

作者学风严谨。兹以蛙属的划分为例：蛙科蛙属是一个种数众多、分布广泛的大属，关于其种分类，早在20 世纪初Boulenger 就曾进行过尝试。本书在此基础上，首先把我国的蛙属划分为趾末端没有横沟的真蛙类（Rana）和有横沟的水蛙类（Hylarana）。真蛙类又分为真蛙群（Typicae）、虎纹蛙群（Tigrinae）、大头蛙群（Kulinae）、林蛙群（Temporarae）和棘蛙群（Spinosae）；水蛙类又分为臭蛙群（Luctuosae）、沼蛙群（Graciles）和纤蛙群（Erythraceae）。本书对以上各群（group）均有详尽的论述。在“蛙属的讨论”一节中，作者根据自己的研究绘出“我国蛙属34 个种及亚种的系统示意图”，并说明“这仅仅是为了表明它们彼此间的关系，尚不能说明它们的演化系统，这工作还需进行比较解剖、分析足够的资料以后才能确定”。由此可以看出本书作者对待科学的严谨态度。

此外，本书关于“无尾类的分类系统及分类特征”、“成体的适应及第二性征”、“卵”、“蝌蚪的适应”等章，都是作者多年悉心研究、长期经验积累的精辟结论。书末“我国无尾类的地理分布”一章，详尽讨论了我国无尾类的分布现状，并列有按省（自治区）的分布表和各属的分布图，便于查阅。所附彩色图版 28 版，绘出 77 种成体和 39 种蝌蚪的彩图，均出自作者助手王宜生之手笔，形象逼真，科学性强，国内至今尚无出其右者。

（赵尔宓）

《中国动物志》（*Fauna Sinica*）

《中国动物志》的编研是在中国科学院领导和组织下，有史以来首次摸清我国动物资源家底的一项系统工程，是反映我国动物分类区系研究工作成果的系列专著，是研究物种多样性，探讨物种演化和系统发育的基础，为动物资源的开发利用、有害动物的控制及濒危物种的保护提供科学依据。

《中国动物志》的编研工作一直受到党和政府的极大重视。1956 年，国务院将编著《中国动物志》的任务列人“国家12 年科学技术发展远景规划”。1962 年中国动物志编辑委员会正式成立。1963 年，中国科学院将《中国动物志》列为院重点科研项目。1993 年《中国动物志》被列为国家自然科学基金重大项目。1998 年《中国动物志》再次被列为国家自然科学基金重大项目，得到国家自然科学基金委、中国科学院和科学技术部的联合资助。1999 年，中国科学院将《中国动物志》列为院知识创新工程重大项目。

我国动物物种资源极其丰富。据估计，我国动物物种总数多达20 余万种，其中脊椎动物约6 400 种，无脊椎动物5 万种，昆虫15 万种。编委会计划编纂《中国动物志》脊椎动物50 卷、无脊椎动物150 卷和昆虫300 卷，基本完成对我国动物物种的研究和记述。《中国动物志》的编研和出版是一项工程浩大、持续性强的工作。40 余年来，国家给予了财力

和物力上的保证，激励着几代科学家艰苦奋斗，乃至不畏艰险地进行野外考察、标本采集，在收集古今中外有关资料的基础上，陆续展开编研，已取得了显著成果。

在中国动物志编辑委员会的组织下，已有了一支来自全国一百余个单位、数百位动物学家组成的庞大的编研队伍。经过全体编研人员努力，《中国动物志》已出版53卷，编研字数约2 998万字，记述了我国动物11 469种，附有彩色图版1 472幅，黑白图21 768幅。另有已完成待出版的动物志14卷，正在编研中的有90多卷，预计在2010年底全部完成。到那时，将完成编纂或出版《中国动物志》160卷。多年来，《中国动物志》共获国家、省部级奖19项，1996年又荣获香港“求是杰出科技成就集体奖”。《中国植物志》、《中国动物志》、《中国孢子植物志》的编研被评为国家基金特优重大项目和“九七”中国十大科技进展之一，以上成就的取得为我国动物学的发展做出了重大贡献。

（赵仲苓）

“蛋白质功能基团的化学修饰与其生物活性间的定量关系”（Quantitative Relation between Chemical Modification of Protein Side Chain Functional Groups and Its Inactivation）

蛋白质的生物活性决定于其特定的化学结构，蛋白质的化学结构发生改变，会导致蛋白质生物功能的丧失，例如化学修饰试剂与酶的某些必需基团发生化学反应，有时会造成酶活性的丧失。化学修饰是研究蛋白质结构与功能关系的一种重要的手段，在相当长的历史时期中是研究蛋白质结构与功能关系的惟一手段，在蛋白质特别是酶的结构与功能研究中，曾经起过十分重要的作用。虽然近年来基因定点突变技术已经为蛋白质结构功能研究开创了一条全新的道路，但不仅在现在，而且在一定时间内蛋白质侧链基团的化学修饰仍将是蛋白质结构与功能关系研究的重要方法之一。特别是蛋白质组研究即将提供大量新的蛋白序列，在还没有任何有关的数据可供参考时，即使是进行定点突变也不知从何做起。此时首先利用化学修饰，很快取得对这个蛋白质在功能关系上最为重要的侧链基团的初步认识，就可以为进一步的定点突变研究指引道路。

化学修饰研究的主要作用有如下几个方面：1. 化学修饰研究可以帮助人们初步认识蛋白质分子中有哪些残基，并为其表现生物功能所必需。2. 用化学修饰试剂的反应，探测某些基团在蛋白质分子中所处部位的暴露程度，以分析蛋白质分子在特定条件下的构象变化。3. 探索蛋白质和酶发挥作用的化学机理，如通过化学修饰可以探明哪些侧链基团参与酶的催化作用，为药物设计提供基础等。

某些侧链基团的改变可以影响到蛋白质所特有的生物活性，这类基团通常称为必需基团。一般说来，必需基团的改变将导致蛋白质生物活性的下降甚至丧失。而另外某些基团的破坏，对蛋白质生物功能没有明显影响，这类基团可称为非必需基团。但是我们应该注意这类非必需基团的所谓非必需性仅指其破坏没有影响某些蛋白质某些特定的生物活性而言，实际上这些所谓非必需基团可能对维持蛋白质特定的空间结构或某些我们尚未认识的生物功能还是有作用的，有时甚至是非常重要的。

20世纪60年代以前，虽然国际上已经对用化学修饰方法研究蛋白质结构功能关系做了大量工作，积累了大量数据，但整体上仍处于一种定性描述状态，由于蛋白质中的氨基酸共有20种，而每种蛋白质分子中又各

含有数以百计的氨基酸，当时所使用的化学修饰剂通常不够专一，能和不止一类的基团发生作用，在同类基团中又常常能同时和多个基团发生作用，因此在进行化学修饰并取得某种生物效果之后，常常无法对究竟是哪种基团，或在某种基团之中究竟有几个基团与所取得的效果直接有关作出判断，因此如果一种修饰导致酶活性丧失，究竟是通过修饰哪一种氨基酸所起的作用就无法判断。即使能明确是某一种氨基酸的作用，一般也不能判断在这一类氨基酸中究竟有几个与活性直接有关。20 世纪60 年代初期相继发表的两篇论文解决了这个问题。一个是 Ray 和 Koshland 的动力学方法，另一个就是邹承鲁的基于统计学的方法。可能与 Ray 和 Koshland 的论文发表在国际上重要的《美国生物化学杂志》(*J. Biol. Chem.*)，而邹的论文发表在《中国科学》上有关，早年引用 Ray 和 Koshland 方法的较多。在早年的一些教科书和专著中常把 Ray 和 Koshland 的动力学方法和邹承鲁的基于统计学的方法并列予以介绍，但是，以后的专著中已经以主要篇幅介绍邹承鲁方法，而把 Ray 和 Koshland 的动力学方法列于次要地位。

Ray 和 Koshland 的动力学方法基于对化学修饰反应和酶活性丧失反应的动力学分析，比较二者的一级反应速度常数，可以对活性必需基团的性质和数目作出判断。这一方法的缺点是在反应很快，速度不易测定，或反应复杂不属一级反应时都无法应用。邹承鲁基于统计学的方法则依靠对基团化学修饰程度和活性丧失程度进行比较，其简单原理如下：如果在修饰反应中同时包括 i 个必需基团，在修饰过程中保留活性的分子只能是那些所有必需基团都未遭破坏的分子。因此活性剩余分数应为必需基团剩余分数的 i 次方。基于这一简单原理，又根据在蛋白质化学修饰反应中常见的一些不同情况，邹承鲁提出了必需基团修饰和活性丧失的定量关系式和由此得出的一系列作图法以判断必需基团性质和必需基团数。这一方法在《中国科学》发表后，逐渐被国际上广泛采用，关系式和作图法分别被国际上称为邹氏公式和邹氏作图法。

基于上述简单原理，邹承鲁根据在蛋白质化学修饰反应中常见的一些不同情况，分析了蛋白质中必需基团化学修饰和活性丧失关系的六种主要情况，针对各种情况，邹承鲁分别导出了相应的关系式和由此得出的一系列作图法，用以判断必需基团性质和必需基团数。当时进行化学修饰研究蛋白质结构功能关系的科学家通常认为如果某种基团被修饰后导致活性丧失，表明此类基团全部为活性所必需。但是邹承鲁用自己的关系式和由此得出的一系列作图法，分析了1960 年以前文献中已经发表的大量数据，得出在蛋白质分子中虽然常常含有多个同类基团，但其中仅有少数为蛋白质表现其活性所必需的结论。可见酶的活性部位仅处于整个酶分子的有限的局部区域。这一结论，改变了当时流行的蛋白质分子中多数基团均为活性所必需的理论，并已为30 多年来的多方面的大量事实所充分证明。

（邹承鲁）

《中国经济动物志》（兽类）(*Economic Mammals Fauna of China*)

《中国经济动物志》(兽类)，是由中国科学院动物研究所寿振黄研究员主编，邀请北京动物园、湖南医学院、福建流行病研究所、大连师范学院、山西农学院和厦门大学参加协作完成的。1962 年由科学出版社出版。本志是《中国经济动物志》系列专著兽类部分，是目前研究我国常见经济兽类比较完整的一

部著作。

全书分为总论、各论和附录三部分。总论中概括地叙述了我国兽类区系调查和利用的概况、经济意义、生态和分布。各论中首先扼要地介绍了兽类的形态，然后分目、分科地介绍了每种兽类中文名称、学名、别名及原始文献价值，还着重地讨论了其形态、生态、地理分布及经济价值。书后附录中，简略地介绍了狩猎方法和兽害防治方法。全书介绍兽类共162种，隶属于13目41科，附有精美彩色外形图30幅、头骨图42幅及插图、分布图153幅。

《中国经济动物志》（兽类）一书的出版大大推动了我国兽类学的发展，成为我国动物学领域中重要的参考书。

（赵仲苓）

《中国经济动物志》（鸟类）（*Economic Birds Fauna of China*）

本志是《中国经济动物志》系列专著鸟类部分，是目前研究我国常见经济鸟类比较完整的一部著作。由中国科学院动物研究所郑作新研究员主编，共有9个单位的17名鸟类学专家参加编写。本书初版于1963年，后依据新的研究成果和资料，系统地进行了修改和补充，于1993年再版。全书介绍中国鸟类共248种，隶属于18目56科。书中所列种类基本上包括三大类：农林牧业益鸟、珍稀濒危鸟类及产业鸟类。对每种鸟都扼要地描述了形态特征、生态习性、地理分布（包括亚种分化）和经济价值。本书倡导野生鸟类多样性的保护和鸟类资源的合理开发与利用，旨在丰富国内各地的鸟类区系，维护自然界的生态平衡，保全人类的生活环境。本书的附录包括鸟类的保护、饲养管理和鸟害防除，还包括鸟类、鸟卵及鸟巢的图版共64版。20世纪70年代，本书曾被美国全文翻译成英文出版。本书可供鸟类学研究人员，大专院校有关专业师生，环保、外贸及农林牧等部门的科技工作者参考。

（徐延恭）

《中国鲤科鱼类志》（*The Cyprinid Fishes of China*）

由伍献文等编著。分上、下两卷，上卷于1964年由上海科学技术出版社出版，下卷于1977年由上海人民出版社出版。本书是记述我国鲤科鱼类的一部分类学专著，共记载了10个亚科113个属412个种和亚种，其中有5个新属、63个新种或新亚种。鲤科是世界上淡水鱼中最大的一个类群，特别是在亚洲和欧洲，它们构成了淡水鱼类区系的主要部分。我国的鲤科鱼类囊括了鲤科中的所有亚科，种数约占全世界鲤科鱼的1/4。因此，有关中国鲤科鱼类的研究，在世界淡水鱼类研究中占有特殊重要的位置。本书以采自我国各水系的近10万尾标本为基础，采用从原产地收集的模式标本以补充失散在国外的模式标本的方法，历时近20年，对我国的鲤科鱼类进行了全面的整理，订正了异名，考证和增加了分布记录，对每个属、种作了详细的描述和画图。本书在国内淡水鱼类资源调查中得到直接应用，是各省、市或各水系鱼类志编写的重要参考书。国外学者也广泛引用本书内容，并给予高度评价。罗马尼亚学者巴莱斯库（Banarescu）和日本学者多纪保彦（Yasuhiko Taki），曾分别在 *Copia* 和 *Japanese Journal of Ichthyology* 上著文介绍本书；中岛经夫（Tsuneo Nakajima）已于1979年将全书译成日文。本书在1982年获国家自然科学奖二等奖。

（曹文宣）

《中国高等植物图鉴》（*Iconographia Cormophytorum Sinicorum*）

《中国高等植物图鉴》是由中国科学院植物研究所主持，由全国130位专家参加编写的一部反映我国植物区系的重要植物的分类学著作，也是鉴定我国高等植物的一部重要工具书。全书包括正编5册、补编2册。收载植物的原则主要有三条：分布较广、有经济价值、有科学意义。第一册（1972年出版）收录苔藓植物212种，蕨类植物356种，裸子植物108种，被子植物的双子叶植物离瓣类（恩格勒系统）从木麻黄科到莲叶桐科共45科，1 054种；第二册（1972年出版）收录离瓣类其余的从罂粟科到山茱萸科共96科，2 224种；第三册（1974年出版）收录合瓣类从岩梅科到茄科共23科，1 460种，从这册开始，对收入10种以上的较大属，附有该属的分种检索表；第四册（1975年出版）收录合瓣类其余的从玄参科到菊科共20科，1 416种；第五册（1976年出版）收录单子叶植物共38科，1 544种。补编2册（分别于1982、1983年出版）补充了离瓣类80科的分种检索表以及补充收录的708种。全书共收载我国高等植物9 082种，每一种植物均包括中文名、拉丁学名，形态描述，地理分布，生长环境等内容，并配有一幅墨线图，对有经济价值的植物，则简要地写出有关经济用途。此外，对不少植物还附带记录了亲缘关系相近的种，加上这些种，全书共收录我国高等植物近15 000种，约占我国高等植物的一半。如此丰富的内容使本书成了世界上规模最大的植物图鉴类著作。本书出版后立即受到我国植物学以及农、林、牧、医药、轻工业等方面的欢迎，也引起国际植物学界的关注，已印刷5次，印数达5万套，并荣获1987年国家自然科学奖一等奖。

（王文采）

《中国孢子植物志》（*Cryptogamia of China*）

《中国孢子植物志》是在中国科学院中国孢子植物志编辑委员会主持下编辑出版的中国非维管束孢子植物志，是记载和描述中国非维管束孢子植物物种多样性及其形态、解剖、生理、化学与地理分布的大型著作，是中国非维管束孢子植物资源的综合信息库，是我国生物资源开发利用、科学研究与教学的重要参考文献。

《中国孢子植物志》之所以被限制在非维管束孢子植物范围，是因为属于维管束孢子植物的蕨类植物早先已被纳入《中国植物志》计划，而非维管束孢子植物苔藓以及藻类、真菌和地衣则不属于《中国植物志》计划。为了将上述生物类群纳入中国生物志计划之内，出席1972年中国科学院计划工作会议的孢子植物学工作者提出了筹建中国科学院中国孢子植物志编辑委员会的倡议。该倡议经中国科学院领导批准后，筹建工作随之启动，并于1973年在广州召开的《中国植物志》、《中国动物志》和《中国孢子植物志》（简称“三志”）工作会议上正式成立。

非维管束孢子植物在系统演化上并不是一个单一的自然类群。但是，这并不妨碍在全国统一组织协调下进行中国非维管束孢子植物物种多样性的研究和中国非维管束孢子植物志的编写与出版。

由于非维管束孢子植物包括的生物类群较多，也为了便于组织管理，因而，在中国科学院中国孢子植物志编辑委员会统一主持下，《中国孢子植物志》分《中国海藻志》、《中国淡水藻志》、《中国真菌志》、《中国地衣志》及《中国苔藓志》，共计131卷册编辑出版。

尽管在演化系统上，裸菌与卵菌两大类

群已从真菌界中分出，但是，在国内外，由于它们习惯上一直是由真菌学家进行研究的，而且包括裸菌及卵菌两大类群在内的《中国真菌志》，已作为《中国孢子植物志》的组成部分陆续出版，因此，沿用上述含义的《中国真菌志》名称是必要的。

自中国科学院中国孢子植物志编辑委员会于1973年成立以后，其编研经费由中国科学院资助；1982年起国家自然科学基金委员会参与部分资助。《中国孢子植物志》的编前研究和编写工作一直是在中国科学院中国孢子植物志编辑委员会主持下，组织协调全国有关科研机构和大学进行的。

1993年以来，"三志"作为国家自然科学基金委员会的重大项目，在以国家基金委为主，中国科学院和国家科委的联合资助下，《中国孢子植物志》的编前研究和编写工作继续进行，并不断取得重要进展，迄今已完成53卷册的编写任务。《中国孢子植物志》是在系统与进化生物学原理与方法的指导下对中国孢子植物进行考察、收集和分类的研究成果，是孢子植物物种多样性研究的主要内容之一，是物种保护的重要依据，与人类活动及环境变化，甚至全球变化都有不可分割的联系。

（魏江春）

《中国蕨类植物孢子形态》（*Spore Morphology of Chinese Pteridophytes*）

《中国蕨类植物孢子形态》一书由张玉龙、席以珍、张金谈、高桂珍、杜乃秋、孙湘君、孔昭宸著，1976年由科学出版社出版中文版，署名为中国科学院北京植物研究所古植物研究室孢粉组，1990年出版英文版，署名恢复为前面作者。全书共分六章，前面五章分别为我国现代蕨类植物地理分布概况，蕨类植物化石孢子在各地质时期分布，孢子研究的方法，专门术语和总的孢子类型。第六章系统深入地研究了我国蕨类植物52科117属约1 000种的孢子形态特征，在一些科中还结合有化石孢子的资料。本书共有孢子类型图119幅，现代孢子显微照片89版，化石孢子显微照片12版，每科属种中都有较详细的地理分布及生态习性描述。我国素有"蕨类植物王国"之称，本书包括了分布于我国的全部科、绝大部分属和主要种的孢子形态，其另一特点是古今孢子相结合，为我国目前惟一的孢子形态学专著，也是国际上少数几本同类专著之一。自英文版出版后，更引起国外的注意和高度评价。美国Bryant教授在*Palynos*（国际孢粉学会通讯）向国际孢粉学家推荐本书。本书获1978年中科院重大科技成果奖和1997年中科院自然科学奖二等奖。

（张玉龙）

《进化论与分类学》（*Evolutionism and Taxonomy*）

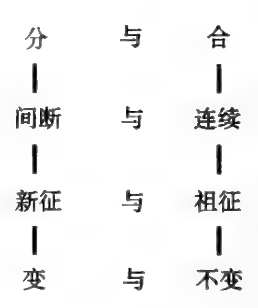
《进化论与分类学》（1977年发表，1978年增订第一版，1987年第二版）是陈世骧关于进化分类学的系统论著。进化论是生物分类的理论基础，分类学是生物进化的历史总结。据此原理，作者以辩证唯物主义为指导思想，精辟、辩证地论述了三个基本问题：物种概念、系统原理和特征分析，并综合为一个完整的进化分类学的理论体系。

又变又不变的物种概念　在达尔文以前，人们认为物种是不变的，生物都是上帝创造的。达尔文说明物种是变的，否定了物种不变的观点，进化思想取得了胜利。本书作者从遗传机制和分类事实总结认为：物种是变的，又是不变的，变是物种发展的根据，不变是物种存在的根据，变是绝对的，是主要的矛盾方面，物种在又变又不变的矛盾中

演变。这一“又变又不变的物种概念”是陈世骧的进化论与分类学的理论核心和立论依据。物种是生殖单元，由又连续又间断的居群所组成；物种又是进化单元，是生物系统线上的基本环节，是分类的基本单元。这是作者作出的物种定义。

系统原理　系统发育是起源与发展的统一过程，也是纵横发展的统一过程。整个过程包括三个环节：从无到有，从少到多，从低级到高级。从而得出三条原理：共同起源，分支发展，阶段发展。共同起源——作为系统原理，就是单源系统原理，“一个物类，一个起源”或“一个物类，一个祖种”。但事情并不是这么简单，有的物类不是严格的单源，是广义的共同起源。分支发展——发展首先是从少到多的过程，在理论上说是一个物种、最初的祖种分支分化，从少到多，形成一个自然类群。三个基本过程是：居群分化→物种分化→物类分化。分支发展是物种和物类形成的最基本过程，应用这一原理，系统树便是分支发展的系谱。阶段发展——分支发展是横的铺开，关键是方向的分歧；阶段发展是纵的上升，关键是水平的提高。系统发育是分支发展与阶段发展的纵横交替的过程。作者指出属级系统是分类系统中的基本环节，对反映物种的系统渊源和地理渊源具有特殊意义。

特征分析　分类系统是进化历史的缩影，是以分类特征反映进化历史。分类是通过特征的对比而进行的，特征对比是分类的基本方法，关键是对特征的分析。首先把特征分为两类：新征和祖征。种征是物种的新征，代表变的一面。每一物种又都具有它所隶属的一系列上级单元特征，是物种保持的祖征，代表不变的一面。他把特征所蕴涵的变与不变、新征与祖征、间断与连续、分与合四对矛盾的统一性，以图例表示分与合的辩证法。



分与合的辩证法

（章有为）

“针刺镇痛的神经生理学基础”

(Neurophysiological Basis of Acupuncture Analgesia)

张香桐对针刺镇痛机制的研究做出了巨大的贡献。他深入地研究了丘脑髓板内神经核群的神经元对痛刺激的反应，首次发现丘脑的束旁核和中央外侧核中有特异的对痛刺激起反应的神经元，其中有许多神经元对躯体和内脏的痛刺激以及来自牙髓的传入都产生反应。针刺和镇痛药能抑制这些神经元对痛刺激的反应。进一步的研究还说明，刺激丘脑的中央中核也能抑制束旁核和中央外侧核神经元的痛反应，而这种效应可能是通过先激活大脑皮层的神经元，后者再抑制束旁核和中央外侧核神经元的痛反应而间接地实现的。由于针刺能兴奋中央中核的神经元，张香桐提出，针刺对束旁核和中央外侧核神经元痛反应的抑制可能也是通过中央中核——大脑皮层——束旁核和中央外侧核的神经回路而实现的。张香桐领导的研究集体也在中枢神经系统的各个水平多方面地对针刺镇痛的机制进行了研究，取得大量成果（见 Hsiang-Tung Chang, Neurophysiological basis of acupuncture analgesia. *Scientia*

Sinica，21：829～846，1978 和 Hsiang-Tung Chang，Neurophysiological interpretation of acupuncture analgesia. *Endeavour*. New Series，4：92～96，1980）。

（吴建屏）

《中国鞘藻目专志》（*Monographia Oedogoniales Sinicae*）

饶钦止著。1979 年科学出版社出版。鞘藻目是绿藻门（Chlorophyta）一个十分独特的类群，科、属极少而种类繁多，广泛分布于各种淡水水体，少数生长在潮湿土表或咸淡水中，尚未发现在海水中生长的种类。鞘藻目只有鞘藻科（Oedogoiaceae）一个科，包括鞘藻属（*Oedogonium*）、毛鞘藻属（*Bulbochaete*）和枝鞘藻属（*Oedocladium*）3 个属。《中国鞘藻目专志》是著者50 年潜心研究的结晶。该书详细描述了中国产的鞘藻属和毛鞘藻属的种类共301 种、81 变种和33 变型，其中149 种是产于中国的新种。115 幅图版除极少数种类外，都是著者根据我国标本绘制的。所有新种均附有拉丁文描述。著者在深入研究该目形态分类特征的基础上，吸收了过去分类系统中的合理部分，对鞘藻目类群间的亲缘关系提出了新的观点，对该目的分类系统进行了修订。著者认为在该目生殖方式各异的类群中雌雄同株的种类是比较原始的。在雌雄异株、具矮雄的种类中，其矮雄为多细胞及精子囊外生的种类是最原始的；而在雌雄异株、具矮雄的种类中，雄孢子异株的种类是由雄孢子同株的种类演变而来。《中国鞘藻目专志》是以著者自己拟定的分类系统撰写的专科志书，该书“属”的安排按鞘藻属、毛鞘藻属、枝鞘藻属顺序排列。各“属”的种类按：（Ⅰ）雌雄同株的种类；（Ⅱ）雌雄异株、具大雄的种类；（Ⅲ）雌雄异株、具矮雄的种类，这一类又按：1. 矮雄为2～5 个细胞，精子囊外生种类；2. 矮雄为2 个细胞，精子囊内生种类；3. 矮雄为单细胞的种类等3 种种类序列安排。《中国鞘藻目专志》已经成为我国藻类志编研的范本。该著作的出版受到国内外藻类学者的高度评价，美国著名藻类学家泰勒（W. R. Taylor）在《美国藻类学报》上撰写专文，高度评价本专著是“藻类学上的一项重要贡献”。该书荣获 1982 年国家自然科学奖二等奖。

（胡鸿钧）

《中国植被》（*Vegetation of China*）

《中国植被》一书是中国植物生态学家和地植物学家智慧的结晶，是对植被研究的系统总结。根据国家基础学科研究规划和工农业发展需要，要求尽快编写一本全国性的植被专著。在1973 年中国科学院召开的植物生态学和地植物学工作会议上制定了计划。在中国科学院党组领导下，在各省区科委和大专院校的大力支持下，1976 年建立了全国编委会。会上决定组织全国有关力量开展此项工作，并召开多次中国植被编委会议。最后于1977～1978 年用半年时间集中力量完成全书编写，并召开专门会议，反复讨论和修改，1980 年由科学出版社正式出版，共200 多万字。

我国幅员辽阔，自然条件复杂，植被类型多种多样。该书共分四篇35 章。在第一篇总论中，对植被研究的理论和生产意义、中国植被研究简史和建国以来植被研究的主要成就作了简要介绍，而对影响中国植被分布的自然条件——地貌、气候、土壤，中国新生代植被的发展和演变，组成中国植被的植物区系进行详细叙述。第二篇则是该书的主体，阐述了中国的主要植被类型以及它们的

分类原则、单位和系统，记录了针叶林、阔叶林、竹林、灌丛和草灌丛、草原和稀树草原、荒漠、冻原和高山植被、草甸、沼泽和水生植被、栽培植被的群落学特征及其地理分布，总结了中国植被的水平分布和垂直分布的规律性。第三篇是中国植被区划，提出了中国植被区划的原则、单位和系统，将中国划分为寒温带针叶林、温带针阔混交林、暖温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林、热带季雨林和雨林、温带草原、温带荒漠、青藏高原高寒植被共八大植被区域，描述了各区域概况及分区各论。第四篇是植被的利用、保护和改造。对森林、草场、荒漠、沼泽植被的合理利用和保护，作物群落的高产组合，植被与水土保持，经济植物引种中的生态学问题，自然保护区的建立与陆地生态系统的保护等均提出了有价值的见解和建议。在该书前言中，还提出本书的不足之处和今后需要开展研究的一系列理论问题，为今后植被科学发展指出了方向。迄今为止，《中国植被》仍是中国最权威的有关植被科学的一本专著。

参考文献

中国植被编辑委员会：《中国植被》，北京：科学出版社，1980。

（陈灵芝）

《西藏昆虫志》(*Insects of Tibet*)

《西藏昆虫志》是由中国科学院青藏高原综合科学考察队组织撰写的《青藏高原科学考察丛书》之一。于1981～1982年分两册由科学出版社出版。

解放后国家曾组织多次昆虫考察，特别是1973～1976年间中国科学院组织多学科的青藏高原综合科学考察队，对西藏地区作了全面的考察，前后有十几位专家参加了西藏昆虫野外考察工作。他们克服重重困难，搜集了大量珍贵资料和10余万号昆虫标本，除了昆虫纲个别目外，其他二十几个目都有分布记录。参加资料分析、鉴定、整理、总结工作的专家达100余人次。全书共记述西藏昆虫20目、173科、1 160属、2 305种，其中有20个新属、400多个新种，这些新种约占建国以来我国发表的昆虫新种总数的1/4。《西藏昆虫志》一书的出版是多年来我国昆虫学工作者共同努力的结果，是对西藏昆虫考察和研究的科学总结。这些成果为研究西藏昆虫区系起源及分布规律积累了可贵的资料，为进一步揭开西藏高原昆虫的奥秘提供了依据。

（赵仲苓）

《西藏鸟类志》(*The Avifauna of Tibet*)

本志是《青藏高原科学考察丛书》系列的鸟类部分，是目前研究我国西藏鸟类的比较完整的专著。本志是在郑作新院士的主持下，由中国科学院动物研究所、中国科学院西北高原生物研究所的6名鸟类学专家共同编写完成的。自1959年至1977年，我国鸟类学工作者对西藏鸟类进行了13次较长期的采集及调查。对所采到的种类，均按实物标本及野外观察的实况，记述它们的鉴别特征、生态、经济意义等，并对其分类问题，在研究的基础上进一步加以讨论。本书出版于1983年，共介绍西藏鸟类473种，分隶于19目、57科，其中包括8个种，2个新亚种和50个亚种的西藏自治区新记录，2个种和27个亚种的国内新记录。总论部分除把所有种类及其采集资料以及区系成分等列为总表外，还对鸟类区系进行了初步分析，对资源种类的开发利用提出建议。本书附有鸟类插图111幅，分布图18幅，还包括鸟类栖息环境图版9版。本志整理总结了历次所得的科学资料，

对今后进一步研究西藏鸟类有重要的参考价值。

（徐延恭）

《中国鸟类区系纲要》（英文版）（*A Synopsis of the Avifauna of China*）

作者郑作新，由科学出版社和德国 Paul Parey Scientific Publishers 于 1987 年出版。该书包括到1982 年底已知的全部中国鸟类，共计1 186 种、935 亚种。全书共1 280 页，约 120 万字，是当今中国最完整的鸟类学巨著。书中记述了各种鸟类的名称（学名、中文名、英文名）、形态、生态、分布和亚种分化、分类讨论及现时状况。

该书着重于亚种分化研究，包括1949 年以来发现的24 个新亚种，并且通过亚种特征和分布的分析，推测种的起源地和进化趋势，且首次提出比较低级的亚种的所在地不是这个种的起源地，而是被排挤到此亚种分布范围的边缘而残留于该地的理论。这种排挤观点与达尔文的优胜劣汰的提法恰恰相吻合，可以算是对生物进化论的一种理论意义上的论证。因此，引起国内外学者的重视。

该书在分类方面，参考国际权威的 Mayr 和 Greenway、Delacour 和 Vaurie 的系统，同时，又结合我国的研究自成一套分类体系，既考虑亲缘关系，又力求简单。

该书摸清了我国鸟类“家底”，为它们立了“家谱”，这为资源动物学提供了科学资料，也是我国动物地理区划和农业区划不可缺少的参考文献。书中把我国鸟类区分为留鸟、繁殖鸟（夏候鸟）、旅鸟、冬候鸟等，为鸟类迁徙研究提供初步证据。对于鸟类“现存状况”，书中特别记述了濒临灭绝鸟类的状况，因而该书成为我国鸟类自然保护的科学数据库，并为国家公布《野生动物保护法》提供了具体资料。

该书的出版在国内外都得到很高的评价。1988 年美国野生动物联合会授予作者郑作新“国际动物资源保护特殊成就奖”的殊荣；1989 年该书获中国科学院自然科学奖一等奖及国家自然科学奖二等奖，中国科学院学部委员会还颁给郑作新一枚科学研究荣誉奖章。

（卢汰春）

《中国蝶类志》（*Monographia Rhopalocerorum Sinensium*）

由昆虫分类学家周尧任主编，组织全国各地（包括台湾、香港地区在内）的蝴蝶研究工作者40 多人参加编著，河南科技出版社 1994 年8 月出版。本书是以主编40 多年来采自全国各地的标本和积累的大量文献为基础，加上各地寄送的标本，经过主编每天十多小时的辛勤工作，以三年半时间完成编写的。全书共计100 万字，近5 000 幅彩色照片，包括总论、各论和新种记述三部分。总论共九章，详细介绍了中国蝴蝶研究史和分类系统，蝴蝶的分类地位、形态特征、生活习性、分布、命名、分类方法和分科，其中穿插有 40 多幅彩色生态照片和黑白线条图；各论共包括十二章，系统记述了中国蝴蝶12 科、366 属、1 227种、1 862亚种的中文名、学名、分类特征和分布，每种蝴蝶都有彩色标本照片，一般种类包括雌、雄性正、反面彩色照片，个别种类还有地方型、季节型和色斑型彩色照片，其中包括42 新种、45 新亚种和15 新记录属、65 新记录种；新种记述有各新种、新亚种的英文摘要和黑白点线特征图。书后附有中国蝴蝶寄主名录、文献目录、中文索引和学名索引，便于广大读者查阅。

《中国蝶类志》是目前记载中国蝴蝶种类最全、最具权威性的一部中国蝴蝶志，是研究中国蝴蝶必不可少的工具书，也是工艺美

术设计的重要参考资料，具有很高的学术价值、实用价值和收藏价值。过去中国昆虫的分类学水平远远落后于植物分类，而蝴蝶分类的水平又远远落后于其他昆虫类群。在本书出版之前，全国文献记载的蝴蝶仅仅600多种，而本书的出版，使中国蝴蝶种类增加到1 200 多种，包括国内外文献中90％的已知种，而增加的新种、新记录达107 种。这在中国蝴蝶研究中是一个大的飞跃，在整个中国生物科学中也是一个大的飞跃。此志不仅收载中国蝴蝶种类最全，而且将中国蝴蝶属和种的中文名系统化，拟订所有属的中文名，保留了已通用而合理的中文种名，考证了不少学名的语源，拟订了一批新的系统化的种名，是中国蝴蝶的中文名的第一次系统化、正规化、统一化，有着极高的科学水平和学术价值。《中国蝴蝶志》出版后引起强烈反响，受到国内外专家、学者的高度评价，日本专家Murayama 称之为“中华人民共和国最高科学成就之一”；澳大利亚专家D. Abrera 赞之为“世界巨著，辉煌创举，中华民族的骄傲，自然界的绚丽，功在千秋，造福后代”等等。1995 年该书获中华人民共和国新闻出版署颁发的全国优秀科技图书奖和中国图书评论学会颁发的第九届中国图书奖。1999 年5 月修订后再版。本书主编为使蝴蝶分类科学性进一步提高，又编写了《中国蝴蝶分类与鉴定》一书，将中国所有的亚科、族、属的特征都作了考订，从亚科到种一一制订了检索表，并附有360 多属的翅脉与外生殖器图。

（袁　锋　袁向群）

中国各大学生物学系（Biological Departments of Chinese Universities）

生物学系是中国的高等学校进行生物科学的教学和科学研究，培养生物学或生物学某一分支学科人才的科系。

20 世纪初，中国早期的高等学校没有专门培养生物学人才的生物学科（系），仅在博物馆（部）或农、林科里开设若干生物学课程，如植物学、动物学等，这些课程多数是由外国人讲授的。有的大学把博物学科改为生物学科（如东吴大学），但科主任和教授仍然由外国人担任。由中国学者自己创办的第一个生物学系是秉志在1921 年建立的南京高等师范学校（即国立中央大学的前身）生物学系。以后，许多公私立大学相继成立生物学系或动物学系、植物学系，实行学分制。课程分必修和选修两种，对后者，学生可根据自己的兴趣自由选课，在4 年内获得规定的学分就可毕业。随着科学的不断发展，生物学系的设置也有了变化。由于生物学学科越分越细、越分越多，有的大学生物学系为包含多种分支学科，往往设有多个专业。如北京大学生物学系就是一个高度综合的系，包括的专业有植物学、生理学、生物化学、生物物理学、环境生物学及生态学、微生物学等。有的大学除了生物学系外，还根据本校的优势按生物学的分支学科设系，如武汉大学的病毒系、山东大学的微生物学系、上海复旦大学的遗传和遗传工程系等。一个系含有的专业较少，这样更有利于教学和科研工作。

1949 年10 月前中国设有生物学系的部分公、私大学有：北平大学、北平师范大学、北平大学农学院、清华大学、燕京大学、辅仁大学、中法大学（以上在北平）、南开大学（天津）、齐鲁大学（济南）、山东大学（青岛）、山西大学（太原）、河南大学（开封）、中央大学、金陵大学、金陵女子大学（以上在南京）、东吴大学（苏州）、圣约翰大学、沪江大学、复旦大学、震旦大学、同济大学、光华大学（以上在上海）、浙江大学、之江大学（以上在杭州）、安徽大学（安庆）、长春大学

（长春）、云南大学（昆明）、武汉大学、华中大学（以上在武汉）、广西大学（桂林）、南昌大学（南昌）、四川大学、华西大学（以上在成都）、福建协和大学、华南女子文理学院（以上在福州）、厦门大学（厦门）、中山大学、岭南大学、广东文理学院（以上在广州）、台湾大学（台北）等。

中华人民共和国成立后，于1952年进行大学院系调整，陆续新建了一些大学。现在很多综合性大学、理工科大学和师范大学都设有生物学系，如：北京大学（北京）、清华大学（北京）、南开大学（天津）、复旦大学（上海）、南京大学（南京）、武汉大学（武汉）、中国科学技术大学（合肥）、山东大学（济南）、中山大学（广州）、吉林大学（长春）、厦门大学（厦门）、四川大学（成都）、兰州大学（兰州）、青岛海洋大学（青岛）、北京师范大学（北京）、华东师范大学（上海）、东北师范大学（长春）、华中师范大学（武汉）、西南师范大学（重庆）、陕西师范大学（西安）、云南大学（昆明）、西北大学（西安）、河北大学（保定）、山西大学（太原）、内蒙古大学（呼和浩特）、辽宁大学（沈阳）、浙江大学（杭州）、杭州大学（杭州）、安徽大学（合肥）、江西大学（南昌）、暨南大学（广州）等等。

自从20世纪70年代出现了以基因工程和杂交瘤（产生单克隆抗体）技术为核心的生物工程（生物技术）以后，世界各国有关专家都预示21世纪将是生命科学的新时代。至此，中国不少综合性高等院校都成立了生命科学学院，如北京大学（北京）、武汉大学（武汉）、中国科学技术大学（合肥）、浙江大学（杭州）、厦门大学（厦门）、山东大学（济南）、中山大学（广州）等。

随着生物工程（生物技术）的日新月异，不仅综合性大学，就是一些农、医院校，工科大学，乃至师范院校等都纷纷建立起生物工程（生物技术）系或专业。综合性大学有：北京大学、清华大学、复旦大学、南开大学、中央民族大学、河北大学、山西大学、吉林大学、南京大学、浙江大学、贵州大学、中国科学技术大学、内蒙古大学、厦门大学、福州大学、山东大学、河南大学、武汉大学、湖北大学、中山大学、暨南大学、南昌大学、广西大学、西北大学、兰州大学、四川大学、新疆大学、西藏大学等；一些农、医院校有：中国农业大学、北京林业大学、东北农业大学、华中农业大学、湖北农业大学、云南农业大学、西北农林科技大学、甘肃农业大学、东北林业大学、南京农业大学、南京林业大学、山西农业大学、福建农业大学、安徽农业大学、河南农业大学、沈阳农业大学、吉林农业大学、沈阳药科大学、苏州医学院、衡阳医学院、中国医科大学等；工科大学有：北京理工大学、北京化工大学、北京工商大学、天津大学、河北工业大学、河北科技大学、沈阳化工学院、大连轻工业学院、哈尔滨工业大学、南京理工大学、南京化工大学、无锡轻工大学、合肥工业大学、安徽机电学院、青岛海洋大学、山东轻工业学院、郑州轻工业学院、郑州粮食学院、华东理工大学、武汉工业学院、湖北工学院、华南理工大学、四川轻化工学院、昆明理工大学、西安交通大学、西北轻工业学院、山东工业大学、西安工程学院、中南工业大学、西南交通大学、哈尔滨建筑大学、中国矿业大学、天津轻工业学院、杭州商学院、吉林工学院、长春光学精密机械学院、河北经贸大学等；师范院校有：北京师范大学、首都师范大学、天津师范大学、河北师范大学、山西师范大学、辽宁师范大学、东北师范大学、长春师范学院、哈尔滨师范大学、华东师范大学、上海师范大学、南京师范大学、浙江师范大学、福建

师范大学、山东师范大学、河南师范大学、湖北师范大学、湖南师范大学、华南师范大学、广西师范大学、西南师范大学、四川师范大学、云南师范大学、陕西师范大学、西北师范大学、青海师范大学、新疆师范大学等。

（张树庸）

东南大学生物学系（Department of Biology, Eastern-south University）

1920年前，中国国立或公立的高等学校没有独立的专门培养生物学人才的科系。1917年，南京高等师范学校为了培养中等职业学校师资，在原有本科文史地理学部、数理化学部以及教育、体育专修科之外，增设农、工、商等专修科。农学家邹秉文任农业专修科主任，他陆续聘请归国学者到该科执教，其中有生物学家胡先骕、秉志、钱崇澍等，这就为1921年下半年农科分系教学并孕育出独立的生物学系创造了条件。1920年11月，教育部决定将南京高等师范学校的农、工、商、教育等专修科划出，组建学制为4年的国立东南大学（原中央大学前身）。1921年初，《国立东南大学大纲草案》规定该校“以学系为主干”，暂设生物学系等22个学系，并按其性质组成文理、农、工、商、教育等5科，相当于后来的学院。1921年9月，东南大学开学，原南京高师农业专修科改为东大农科，下设生物、农艺、园艺、畜牧、病虫害、农业化学等6个学系。以动物学家秉志为主任的中国学者自己创办的第一个大学生物学系在东南大学诞生了。秉志等老一辈生物学家在南京高师和东南大学执教，培养了许多生物学人才，不少著名生物学家均出于此。

（薛攀皋）

中国科学社生物研究所（The Biological Laboratory of the Chinese Society）

中国第一个生物学研究机构是民办的中国科学社生物研究所，它于1922年8月18日在南京成立。

1920年，在南京高等师范学校农业专修科任教的秉志和胡先骕看到中国生物资源虽然丰富，但国人极少研究，听任外国人掠夺，甚感痛心，又考虑到生物学研究在理论和应用方面均具有重要意义，并且坚信中国人一定会在世界生物学的研究中占有一席之地，遂建议设立生物研究所。受中国科学社的委托，秉志、胡先骕和杨铨（杏佛）经过一年多的筹备，很快就成立了生物研究所。由秉志任所长。

生物所的所址在南京成贤街文德里，开办之初，经费十分困难，但是秉志与全所人员“不假借外力，唯奋励以自进”，艰苦创业，逐步站稳脚跟。1925年，生物所开始出版英文学术丛刊。研究所朝气蓬勃的工作，引起中华教育文化基金董事会的注意。该会从1926年秋起至1941年，每年资助生物所研究经费和设备费，从开始时每年2万元，递增至每年5万元，这对该所的发展起了很大的作用。

生物所设有动物学部和植物学部，早期由秉志和胡先骕分任主任；以后，陈桢任过动物学部主任；陈焕镛、钱崇澍也先后继任植物学部主任。1934年，动物学部增设生理研究室与生物化学研究室，分别由张宗衡（真衡）和郑集负责。

该所人员分正式职员和研究客员两种。正式职员指专职在所里工作的研究、技术、行政等各类人员。高级研究人员称为技师或教授，中级研究人员称为研究员，初级研究人员称为研究助理或助理。行政人员极少，有关工作多由研究、技术人员分管。研究客员

为外单位人员到研究所从事研究工作，他们中既有高级人员，也有讲师、助教、大学生物学系高年级学生、中学生物教师。该所全盛时期有正式职员30人左右，研究客员近20人。

生物所的研究工作曾经设想“动物学从形体入手，以达分类、生理、生态、遗传等要门；植物学从采集国内高等植物标本，研究植物生理学、细胞学、胚胎学入手，渐及于真菌学、细菌学、植物学、育种学等”。由于抗日战争爆发，这个目标未能完全实现。从该所成立到抗日战争前夕，是该所的鼎盛时期，其主要的研究工作有：1. 动植物的调查采集与分类学研究。这是该所最主要的工作。2. 植物形态学的研究。张景钺关于蕨茎组织学的研究、严楚江关于梧桐花之解剖及其两性分化的研究，是中国植物形态学的开拓性工作。3. 植物生态学研究。钱崇澍关于黄山植物和南京钟山植物的研究、裴鉴关于南京植物群落的研究等，都是中国最早的植物生态学研究。4. 动物形态学、解剖学和组织学的研究。这方面的研究课题与工作量仅次于动植物调查与分类研究，其中，秉志在神经解剖学与组织学方面做了较多工作。5. 动物遗传学与动物行为的研究。如金鱼的变异（陈桢）和金鱼求偶行为（何锡瑞）等也属于开拓性工作。6. 动物生理学的研究。集中在神经系统及其与呼吸代谢、水代谢的关系的研究，以张宗汉的研究为代表。7. 生物化学的研究。着重于营养方面（郑集）。该所自1925年起出版发行英文刊物《中国科学社生物研究所丛刊》，发布所内和客座研究人员的研究成果，同时与国内外800多个学术团体建立交换关系，对学术交流起了很好作用。

生物所培养造就了一大批生物学人才。王家楫、倪达书、张春霖、何锡瑞、张孟闻、崔之兰、张宗汉、郑集、耿以礼、方文培、郑万钧、吴中伦等，从学校出来后在这里接受训练，开始他们的研究生涯。常麟定、曾省、戴力生、喻兆琦、伍献文、方炳文、王以康、徐锡藩、裴鉴、孙雄才、汪振儒、杨衔晋、曲仲湘、王志稼等在这里做过专职研究工作和深造，有些人离开后还到所里兼职当研究客员。陈邦杰、欧阳翥、吴功贤、吴襄、徐凤早、王希成、李赋京、秦仁昌、严楚江、朱树屏等在所里做研究客员，也同样得到帮助。蔡元培曾经赞誉说：“在中国当代的著名生物学家中，十有九个以这样或那样的方式与这个研究所发生联系。”

生物所对晚于它成立的静生生物调查所、中央研究院自然历史博物馆、中国西部科学院生物所等，都曾给予真诚帮助。此外，在普及生物学知识、帮助中学生物学教师提高水平等方面，生物所也做了大量工作。

抗日战争爆发后，生物所惨遭浩劫。1938年日军在南京抢走该所未及转移的图书资料和标本后，将三幢楼全部烧毁。生物所迁往重庆北碚，秉志因夫人病重未能随行，辞去所长职务，由钱崇澍继任。1941年冬，太平洋战争爆发，该所经费断源。抗日战争胜利后，生物所无力在南京重建，人员星散，只有秉志的研究小组在上海中国科学社明复图书馆顶层勉强工作，直至新中国成立。秉志的研究小组后来并入中国科学院水生生物研究所。一个民办研究所结束了，但它的历史功绩与影响，人们不会忘记。

（薛攀皋）

静生生物调查所（The Fan Memorial Institute of Biology）

静生生物调查所于1928年10月在北平成立，也是一个在中国近代史上有影响的民办研究机构。

静生所是为纪念中国近代教育界知名人

士范源濂（静生）先生而建立的。范年轻时专攻生物学，认为中国生物资源十分丰富，想建立科学机构进行调查收集和系统研究。他的夙愿直至1927 年逝世也未能实现。为完成范的遗愿，尚志学会与中华教育文化基金董事会联合出资，请秉志和胡先骕筹办生物调查所，在所名前冠以“静生”以资纪念。静生所成立后由秉志任所长。当时秉志还是南京中国科学社生物研究所所长，他以一身二任南北奔走难以兼顾，遂在静生所一切工作均已就绪后辞去该所所长职，1932 年起由胡先骕继任。

静生所刚成立时，所址在北平西城石驸马大街83 号，这里是范静生的私宅。建所三年后迁到文津街3 号新建的三层楼房，旧址则改为通俗博物馆，陈列动植物标本和图片，对外开放。

静生所所长之上有一个类似董事会的委员会，为解决该所经费问题出力，并审核该所当年的工作成绩，决定次年的工作计划。静生所的经费主要靠中华教育文化基金董事会资助。

由于静生所的筹办者秉志和胡先骕都是中国科学社生物所的倡办者，因而，两个研究所的组织机构和运行机制基本相同。静生所也设动物学部和植物学部，分别由秉、胡分任主任。两部之下各有技师、研究员、助理员、绘图员、标本制作员各若干人。1932 年以后，静生所增设植物标本室和动物标本室，蕨类学家秦仁昌、藻类学家李良庆、鱼类学家张春霖、鸟类学家寿振黄曾先后分别担任两个标本室的主任。静生所全盛时期，全所有专职人员50 余人，是当时中国最大的生物学研究机构之一。

静生所从建成后至抗日战争爆发时，各部门工作人员基本稳定，工作情绪很高，学术气氛浓厚。抗战以后，该所植物部人员辗转至江西、云南，继续从事植物学的调查研究工作，而动物部由于人员流散，工作基本停顿。该所的主要工作有：植物部从调查采集高等植物及蕨类标本开始，以后增加了藻类、菌类、苔藓类的调查以及木材解剖和细胞学的研究。每年派员到各地采集，其中以河北、山西、吉林、四川、云南为重点。动物部以调查采集鱼类、鸟类、兽类、蚌类、虾类、蟹类和蚊、蝇为重点，采集地点主要为河北、山东、江苏、浙江、福建、四川、云南，海产动物的采集则从津沽沿海起直至海南岛。除直接派人采集标本外，静生所还与国内外有关学术单位广泛交换标本，每年收集到动植物标本万余号。至1937 年，该所是国内收藏生物标本最丰富的单位。在此基础上，静生所还组织专人进行专科专属的分类学研究，使自己成为国内动植物分类学的权威机构，在国外也有一定声誉。研究成果发表在该所于1929 年开始出版的不定期刊物《静生生物调查所汇报》上。

创办庐山森林植物园和云南农林植物研究所，也是静生所的重要贡献。

庐山森林植物园成立于1934 年8 月20 日，是中国最早从事科学研究的植物园。它是经胡先骕倡议，得到中华教育文化基金董事会的赞同与资助，由静生所与江西省农业院合作，在庐山含鄱口建立起来的，秦仁昌和陈封怀先后任该园主任。植物园占地$2.93\times10^6 m^2$，进行植物调查采集与栽培，植物系统分类，植树造林，花卉的引种、繁殖与推广等工作。到1937 年底，植物园引种了3 100 余种植物，成为中国研究园林植物的重要基地，并培养了一批植物园科技干部。

云南农林植物研究所成立于1938 年。静生所自1932 年起开始派员赴云南采集动植物标本，特别是蔡希陶长期坚持在当地工作。日本发动侵华战争前夕，胡先骕派蔡希陶去

云南筹建静生所的后方基地，一方面在云南收集保存图书、标本、资料，一方面在必要时使静生所人员在后方有一个安心工作的地方。蔡希陶到云南后，征得该省教育厅的同意与支持，并与之在昆明北郊黑龙潭薛公祠合办云南农林植物研究所。该所没有固定经费，蔡希陶等提出生产自救之路，租荒地种菜和经济植物，以维持职工生活。研究所所长由胡先骕兼任，汪发缵、郑万钧、俞德浚、蔡希陶先后兼任副所长。在抗日战争期间，云南农林植物研究所集聚了一批植物学家，成为当时植物学研究活动中心。抗日战争胜利后，静生所、庐山森林植物园的人员复员回原地，只有蔡希陶留在云南工作，直到逝世。为此，植物学家赞誉蔡希陶是云南植物研究的拓荒者。

由于经费困难，到了1948 年，静生所全所及派生的庐山、云南两个单位，总共只有职员15 人，普通工人25 人。动物学部虽有江西农学院杨惟义兼任主任，实际上空无一人。

新中国成立后，中国科学院接管了静生所，把该所的植物学部与北平研究院植物学研究所合并调整，建成中国科学院植物分类研究所，即现在的植物研究所。云南农林植物研究所与北研植物学所云南工作站在接管后合并改组为植物分类所昆明工作站，后发展成中国科学院昆明植物研究所。

（薛攀皋）

国立中央研究院（Academia Sinica）

中央研究院成立于1928 年6 月9 日，是新中国诞生前全国最大的从事自然科学和人文社会科学研究的综合性研究机构。

1924 年冬，孙中山先生提出设立中央学术院，作为全国最高的学术研究机关，但由于他翌年病逝，此议无以实现。1927 年国民党中央政治会议根据李煜瀛（石曾）关于设立中央研究院的提议，先后于4 月和5 月决议起草研究院组织法，成立中央研究院筹备处，由蔡元培、李煜瀛等为筹备委员。当年11 月20 日，蔡元培召开中央研究院筹备会，讨论组织条例及筹设研究机构等工作。1928 年4 月23 日，国民政府特任蔡元培为中央研究院院长。6 月9 日蔡元培在上海召开中央研究院第一次院务会议。此后，中央研究院即以是日为该院正式成立的纪念日。

中央研究院直属国民政府，独立于教育部之外。它的任务是“实行科学研究”，并“指导、联络、奖励学术研究”，是全国最高的科学研究机关。研究院院长由国民政府特任。研究院院部在南京，其组织为在院长之下，设行政、研究、评议等三大部分。

1. 行政管理机构　研究院设总办事处，以总干事1 人综理全院行政工作，下设文书、会计、事务等部门。总干事由学术上较有成就、威望较高、组织管理能力强的科学家担任。

2. 研究机构　中央研究院的研究工作，根据工作大纲规定，进行常规或永久性的研究，以及应用科学、纯粹科学、人文及社会科学的研究；研究工作遵循学术自由的原则。

研究所设所长1 人，由院长聘专任研究员担任，综理所务并指导学术研究事宜。按照学科性质，研究所下设若干研究组，每组设组长1 人，由所长推荐，院长聘任。研究人员分研究员、副研究员、助理研究员和助理员4 级。为了培养研究人员，研究所通过考试招收研究生。研究所行政机构精干，只设管理员、事务员、文书等。

中央研究院于1928 年以理化实业、地质、社会科学等3 个研究所和1 个观象台为基础，正式组建了物理、化学、工学、地质、心理、历史语言、社会、天文、气象等9 个研究所。1929 年增设自然历史博物馆，1934 年该

馆改为动植物研究所；1944 年，动植物研究所分为动物和植物两个研究所，同时成立医学研究所筹备处。1947 年成立数学研究所。至此，中央研究院共有13 个研究所（含筹备处），分布在南京和上海，研究范围涉及数学、物理学、化学、天文学、气象学、地球物理学、动物学、植物学、古生物学、生理学、生物化学、心理学、人类学、工程科学、历史学、考古学、语言学、经济学、社会学等诸多学科领域。各研究所的研究成果，除发表于本所出版的研究报告、集刊、专刊、丛刊外，还见之于国内外各种学术刊物中。

3. 学术评议机构与院士制度　中央研究院设立评议会作为全国最高学术评议机关，其职权为：(1) 决定中央研究院的学术方针；(2) 促进国内外学术合作交流；(3) 中央研究院院长出缺时，选出院长候选人3 名，由国民政府遴选特任；(4) 受国民政府委托从事学术研究；(5) 受考试院委托，审查考试或任用人员的著作或发明事项。评议会由全国第一流科学家中选出 30～50 名的聘任评议员以及中央研究院院长、总干事和各所所长为当然评议员组成。第一届和第二届的聘任评议员先由国立大学、独立学院选出候选人，再在中央研究院院长邀请国立大学校长和研究院院长的会议上投票复选，选定后由国民政府聘任。第三届聘任评议员则由 1948 年的院士会议选举产生。

中央研究院的第一批 81 名院士是在 1948 年3 月在第二届评议会第五次年会上选出的，分成数理组（28 人）、生物组（25 人）和人文组（28 人）。他们都是科学界的精英。当选为院士必须在专业上有特殊著作、发明或贡献，在学术机关领导或主持工作5 年以上，成绩卓著。院士的职权为：选举院士、名誉院士；选举评议员；议定国家学术方针；受政府委托办理学术设计、调查、审查及研究事项。生物组的院士包括医学家、农学家，他们是王家楫、伍献文、贝时璋、秉志、陈桢、童第周、胡先骕、殷宏章、张景钺、钱崇澍、戴芳澜、罗宗洛、李宗恩、袁贻瑾、张孝骞、陈克恢、吴定良、汪敬熙、林可胜、汤佩松、冯德培、蔡翘、李先闻、俞大绂、邓叔群。生物化学家吴宪分在数理组。

1948 年，中央研究院代院长朱家骅强令所属研究所迁往台湾，受到各所爱国职工坚决抵制。最后随院部迁台的只有历史语言所与数学所。当时在大陆的院士去台的寥寥无几。

中央研究院与北平研究院的建立，标志着中国近代有系统的科学研究事业的开端。两院科学工作者在20 年中历尽艰辛，在建立中国近现代科学研究体系上与科研人才培养上，取得显著成绩，做出重要贡献。新中国成立后，中国科学院就是以两院为基础迅速组建而成的。

（薛攀皋）

中央研究院自然历史博物馆 (Natural History Museum of Academia Sinica)

1928 年4 月，中央研究院派遣广西科学调查团去当地了解自然科学工作情况。调查团在广西采到很多动植物标本，成绩颇佳。1929 年1 月，中央研究院决定成立自然历史博物馆筹备处，聘李四光、秉志、钱崇澍、钱天鹤等7 人为筹备委员。1929 年6 月自然历史博物馆及其陈列馆新楼在南京建成，次年1 月博物馆正式成立，钱天鹤任主任，李四光、秉志、钱崇澍、李济、王家楫5 人为顾问。博物馆下设植物学、动物学两组。1933 年7 月钱天鹤辞职，徐韦曼、伍献文先后兼代过馆主任。1934 年5 月28 日该馆改为动植物研究所，原生动物学家王家楫受聘为所长。抗日战争爆发后，该所数度搬迁，先到湖南南岳，

后去广西阳朔，最后落脚于重庆北碚。1944年，该所分成植物与动物两个研究所。抗战胜利后，两所均迁到上海岳阳路320号。自然历史博物馆和动植物研究所的主要工作是进行动植物的调查采集和分类学研究。出版物有创刊于1929年9月的《国立中央研究院自然历史博物馆丛刊》，外文刊名为*Sinensia*。1933年5月刊名改为《国立中央研究院动植物研究所动物学专刊》与《国立中央研究院动植物研究所植物学专刊》，外文刊名不变。

（薛攀皋）

心理学研究所[*] (Institute of Psychology, Academia Sinica)

在中央研究院院长蔡元培倡导下，1928年11月，唐钺开始筹建心理研究所，1929年5月正式成立，唐钺任所长。1930年建所址于北平东城芳嘉园1号。

建所初期，该所进行动物学习和神经解剖的研究，并修订比纳智力测验量表。1933年汪敬熙任所长后，侧重神经生理及神经解剖研究。1940年主要研究胚胎行为的发展。抗战胜利后，1946年继续进行胚胎行为发展和哺乳动物行为与神经系统关系的研究。

该研究所成立后几经搬迁，干扰了研究工作的正常进行。1933年从北平迁至上海，1934年又迁至南京。抗战期间又先后迁至桂林、重庆，且大部分图书、仪器遭日军炮火击毁。抗日战争胜利后，1946年返回上海岳阳路。

该研究所所长汪敬熙自1944年长期请假离任滞留国外不归，1948年10月，鉴于该所主持乏人，人员寥寥，且研究工作内容与医学研究所筹备处相近，中央研究院决定将其并入医学研究所筹备处。

该所曾出版心理学专刊十期，丛刊四期（1932～1934年）。所内论文多送《中国生理学杂志》刊载。

参考文献

赵莉如：《中国科学院心理研究所发展史》，1996。

（季楚卿）

国立北平研究院 (National Academy of Peiping)

北平研究院是新中国成立前，仅次于中央研究院的大型综合性科学研究机构。

1928年9月，南京国民党中央政治会议通过了北平大学校长、生物学家李煜瀛（石曾）关于设立北平研究院的提议。1929年8月6日，行政院会议通过“国立北平研究院”的名称；同月，教育部聘请李煜瀛为北平研究院院长。李煜瀛于1929年9月9日就职，并于是日组织成立院部总办事处，北平研究院正式成立。同年11月，李煜瀛聘请物理学家李书华为副院长以襄理院务，并报教育部备案。

北平研究院的组织，初期为“院—部—研究所”三级结构。自1929年至1935年6月，全院行政与学术共分10个部。行政部分有总务部、出版部和海外部。学术部分有天算部、理化部、生物部、人地部等。每个学术部下设若干研究所，每个研究所设主任1人，专任、兼任、特约研究员各1人或数人，另有助理员、练习员各若干人。当时的理化部有物理学研究所、化学研究所；生物部有生物学研究所（1933年改名为生理学研究所）、植物学研究所和动物学研究所；人地部有地质学研究所（与实业部地质调查所合作）。不久，研究院与中法大学合作，设立镭学研究所和药物研究所。

---

[*] 1945年1月，中央研究院修订组织法，心理研究所改称心理学研究所。

为了“力求办事敏捷及增加工作效率”，该院于1935年7月取消了部一级的编制，改为“院—研究所”二级建制。行政部分取消总务、出版、海外三部，设立总办事处。总办事处由院长、副院长直接领导，下设文书、会计、庶务和出版4个课。在学术研究方面，取消了理化部、天算部、生物部、人地部等，研究所由院长直接领导，并改研究所主任为所长。

1948年，北平研究院设立院务会议和学术会议。

院务会议主要职责是审议该院各项章程、规则、工作计划、概算及其他重要事项，由院长、副院长、总干事、秘书及各研究所所长组成。

学术会议则酝酿于1945年春，计划推举学术专家为学术会议会员。学术会议主要讨论学术问题及有关北平研究院的重大问题，并宣读论文。1948年1月成立北平研究院学术会议筹备委员会，由13名委员组成。这次会议通过了《学术会议暂行规程》，委托北平研究院院务会议推举学术会议会员，由院长聘任。

北平研究院学术会议分天算组、理化组、生物组、地学组、农学组、工学组、医药组、史学组、文艺组、社会科学组，共有81名学术会议会员和9名当然会员。会员大多数是中央研究院院士。与生物科学有关的当然会员有李煜瀛、朱洗、张玺、刘慎谔，他们是北平研究院院长和3个生物研究所的所长。此外，生物组的会员有陈桢、秉志、胡先骕、张景钺、周太玄、童第周、胡经甫；农学组的会员有刘大悲、戴松恩、冯泽芳、汤佩松、俞大绂；医学组会员有林可胜、陈克恢、汤飞凡、朱恒壁、戚寿南、李宗恩、朱广相；理化组会员有吴宪等。

北平研究院的研究所原来集中在北平。日本帝国主义的侵华战争，使中国科学事业受到沉重打击，北平研究院首当其冲。为了保障研究工作能够稳定进行，该院在抗日战争爆发前就决定将部分研究所迁离北平。1935年，镭学研究所与药物研究所首先迁往上海；物理学、化学两所也将一部分图书仪器迁往上海；地质学所大部迁南京（后因经费问题脱离北平研究院）；史学所一部分迁陕西。1936年，植物学所全部研究人员、图书仪器迁往陕西武功。抗日战争和太平洋战争爆发后，北平研究院在昆明设总办事处，许多研究所辗转搬迁，最后都集中在昆明。抗日战争胜利后，除了药物、生理学两个研究所以及物理所的结晶学研究室迁回上海外，其余研究所均随该院院部回北平。到新中国成立前夕，北平研究院共有8个研究所，它们是：物理学、原子学（镭学所改名）、化学、药物、生理学、动物学、植物学与史学等研究所。

北平研究院所属的研究所在该院“学理与实用并重”的原则指导下，进行了大量艰苦的、创造性的劳动，取得颇为丰硕的成果。这些成果散见于该院各种出版物中。该院有专门的出版机构，具体负责出版事务。20年中出版图书50余种，刊物6种。其中除国立北平研究院院务汇报外，不定期刊物有物理学、镭学、化学、药物、生理学、动物学、植物学7个研究所的丛刊，以外文发表研究论文；生理学所、动物学所的中文研究报告汇刊和史学研究会的考古专报等。

北平研究院科学工作者的20年艰苦创业，为中国近代科学事业的发展做出了重要贡献。新中国成立后，中国科学院以北平研究院和中央研究院的研究机构为基础，经调整组建了中国科学院第一批科研单位，为中国科学院和中国科学事业的发展奠定了重要基础。

（薛攀皋）

北平研究院植物学研究所 (Institute of Botany, National Academy of Peiping)

北平研究院植物学所成立于1929年9月，刘慎谔任所长，所址在北平西直门外三贝子花园内。1936年9月，该所与西北农林专科学院在陕西武功合办中国西北植物调查所，刘慎谔兼任所长。抗战期间，研究所人员分在昆明和武功两地工作。抗战胜利后，研究所迁回北平，留在昆明的部分改为该所云南工作站。

北研植物学所以植物分类学的研究为主，在植物病理、药用植物、森林、牧草、观赏植物等方面也做过一些工作。主要的工作有：1. 植物的采集。抗战前在东北、华北、华中、西北、新疆、蒙古等地做过长期采集工作。抗战期间在云南、贵州、四川、福建等地也做过相当的采集。2. 专科专属的系统研究，新发现植物的记载。3. 地方植物志的编著。出版《中国北部植物图说》5册，还有已刊或未刊的《太白山植物图志》、《小五台山植物志》以及黄山、华山的植物目录等。4. 中国植物地理分区研究。5. 菌类、苔藓、地衣的研究。6. 中国植物文献，如本草的考证研究。7. 应用植物和经济植物的调查研究。该所还出版外文刊物《国立北平研究院植物学研究所丛刊》。1950年，该所及云南工作站、中国西北植物调查所为中国科学院接收。

（薛攀皋）

北平研究院动物学研究所 (Institute of Zoology, National Academy of Peiping)

北平研究院动物学所成立于1929年9月，所址在北平西直门外三贝子花园内。首任所长为陆鼎恒。抗日战争期间，该所迁往昆明。1940年陆鼎恒病逝，张玺继任所长。1946年9月研究所迁回北平原址。

动物学所的工作侧重于分类学研究，兼及一些应用问题。研究所成立后即将工作重心放在海产动物的调查、采集与分类研究等方面，曾在山东半岛胶州湾举行过4次调查采集，并在烟台设立海滨生物研究室，常年观测海洋理化性质及采集海产动物。这一时期青岛文昌鱼与黄岛柱头虫的发现与研究，在国内外产生过一定影响；此外，软体动物、棘皮动物的研究，在国内均有开创性意义。抗日战争时期，主要进行云南滇池等湖泊的鱼类、甲壳动物与软体动物的调查，并完成青鱼人工孵化及养殖的工作。抗战胜利迁回北平后，在原有水生动物研究室之外，增设甲壳动物和昆虫两个研究室，分别由沈嘉瑞与朱弘复主持工作。研究所的研究报告与论文，除在国内外有关刊物发表外，主要刊于本所的两种不定期刊物：《国立北平研究院动物学研究所丛刊》（外文）和《国立北平研究院动物学研究所中文研究报告汇刊》。1950年，该所为中国科学院接收。

（薛攀皋）

中国西部科学院生物学研究所 (Institute of Biology, Chinese Western Academy of Sciences)

四川省爱国实业家卢作孚鉴于西南幅员辽阔，物产丰富，为了适应地方各项事业发展的需要，尽快改变西南科学落后的面貌，1930年3月至8月，由他本人率领考察团出川，到南京、上海、东北考察，当年9月就在重庆北碚成立了中国西部科学院，并自任院长。1931年起先后创办了理化、生物、农林、地质等4个研究所。

生物研究所成立于1931年夏，1938年停办。该所先后设立了植物部、昆虫部、动物部与植物园，分别由俞德浚、傅德利（德国

人)、施伯南、刘振书任研究员、主任。1934年起，动物学家王希成、戴力生先后任所长。研究所的主要工作有：1. 四川省动植物调查采集，为编写四川省动植物志做准备。历年在省内外共采得植物标本50 000余份、动物标本2 000多份、昆虫标本30 000余份，还发现了一些新种。2. 研究了家蚕和白蜡虫的发生与生活史。3. 进行本地药材的害虫防治试验。4. 中国古籍动物旧名考证与科学名词对照。5. 刊发嘉陵江下游以及嘉定峨眉间的鱼类调查报告。6. 植物园收集栽培华西和中外特产果苗100种共6 000余株，林木种苗百余种20万株，百合科、兰科等球根植物8 000余株。1934～1935年出版《中国西部科学院生物研究所丛刊》3期。

(薛攀皋)

北平研究院生理学研究所（Institute of Physiology, National Academy of Peiping）

该所的前身生物学研究所于1929年冬开始筹建，1932年成立，1933年改名为生理学研究所。

生物学所成立后，所址在北平西直门外三贝子花园内，经利彬任所长。研究所设生理、细胞、生物化学三个研究室。主要研究工作：在实验生物学方面，有脊椎动物脑的比重与水分含量，海仙人掌之体量变化及氮化钾钠钙镁与发光的关系，船底附着动物的生活与金属物质的关系等研究；在细胞学方面，有金鱼鳍、鳞的复生，家蚕胚体肠壁膜的构造研究；在生理学方面，有中药及其利胆作用，疲劳肌肉与动物生长的研究；在营养学方面，研究中国北方食物与血压、钙质含量的关系等。抗日战争爆发后，该所迁往昆明，员工锐减，只进行一些当地民食与营养的调查。1943年经利彬辞职，研究所停止工作，仪器设备由动物学所代管。抗战胜利后，生理学所由朱洗主持，在上海恢复工作。研究方向为实验胚胎学与细胞学，主要工作有卵的体外成熟、单性生殖、异种交配、多精虫受精等。该所的出版物有《国立北平研究院生理学研究所丛刊》(外文)和《报告汇刊》(中文)，均创刊于1933年。1950年3月该所为中国科学院接收时，全所仅有研究员、副研究员各2人，练习生1人。

(薛攀皋)

中央研究院植物研究所（Institute of Botany, Academia Sinica）

中央研究院植物所于1944年3月在重庆北碚成立，所长罗宗洛，1946年秋迁上海岳阳路320号。

该所主要分为：1. 高等植物分类研究室：进行药用植物、油料植物的调查，伞形科和十字花科的分类研究。2. 真菌学研究室：编撰《中国真菌志》。3. 藻类学研究室：进行东南海产藻类与西南淡水藻的调查采集与分类研究。4. 植物生理学研究室：研究微量元素、生长素、秋水仙素对植物体内碳水化合物之分解和合成的影响。5. 森林学研究室：从事西南边地及甘肃森林的调查研究。6. 植物形态学研究室：成立于1946年末，从事裸子植物形态，尤其是关于胚胎发育的研究，以及国产木材的解剖研究。7. 细胞遗传学研究室：成立于1947年夏，研究小米及粟属，小麦及小麦属，高粱米、甘蔗各属间的杂交遗传与育种。8. 植物病理学研究室：研究大豆等植物的病害及其防治。该室成立于1947年，次年因主持人出国，研究室停止活动。该所的出版物有《国立中央研究院植物研究所汇报》和《国立中央研究院植物研究所年报》，均创刊于1947年初。

该所是一个有一定实力的多学科的综合

性植物研究机构，1950 年3 月中国科学院接收时，有专任研究人员 28 人，其中研究员 8 人。

（薛攀皋）

中央研究院动物研究所（Institute of Zoology，Academia Sinica）

该所的前身为中央研究院动植物研究所，1944 年3 月动植物所分成动物和植物两个研究所，动物所所长由王家楫担任。抗战胜利后，动物所自重庆迁往上海岳阳路320 号。

动物研究所成立后，改变以往工作偏于分类学方针，在研究的组织方面设立了鱼类生物学、昆虫学、寄生虫学、原生动物学、海洋湖沼学与实验动物学等6 个研究组。鱼类生物学方面，侧重于平鳍鳅的分类与鳝鱼雌雄逆转问题的研究。昆虫学方面，研究金花虫科、果蝇科、粉虱科的分类，特别注重为害农作物的种类。寄生虫学方面，主要进行野生脊椎动物和家畜家禽的寄生虫及鱼类寄生虫的调查研究。原生动物学方面，研究双鞭毛虫壳板形成以及肠寄生鞭毛虫与纤毛虫的调查研究。海洋湖沼学方面，进行渤海湾、胶州湾及东海渔场水质理化性质的分析和浮游生物调查。实验动物学方面，侧重盐分的适应的研究。该所的出版物有《国立中央研究院动物研究所丛刊》。

该所是一个多学科的综合性动物学研究机构，有一定影响。1950 年3 月被中国科学院接收。接收时有专任研究人员20 人，其中研究员7 人。鱼类、昆虫、寄生虫标本近18 万号。

（薛攀皋）

中央研究院医学研究所（筹备处）[Institute of Medicine (Preparatory Office)，Academia Sinica]

1944 年12 月，中央研究院医学研究所筹备处成立，林可胜任主任，冯德培任代主任，主持工作。筹备处设在重庆歌乐山的上海医学院内，冯德培时任该校生理学系兼职教授，因而系、所之间，在教学和研究工作上合作关系密切。

医学研究所筹备处成立后，分三个部分进行工作。生理学部分进行神经和肌肉系统的研究，并研制生理学实验所需的电子仪器，由冯德培主持，另有正、副研究员，助理研究员，助理员各1 人。生物化学部分进行营养及酵素化学研究，由研究员王应睐主持，另有助理研究员1 人、助理员2 人。有机化学部分进行橘霉素研究，由研究员汪猷主持，另有助理员3 人。

抗日战争胜利后，该筹备处于1946 年夏迁往上海岳阳路320 号。1948 年10 月，中央研究院心理学研究所因主持乏人，且其研究内容与医学研究所筹备处相近，故二者合并。1948 年底，中央研究院在南京召开最后一次院务会议，冯德培在会上明确反对研究所迁往台湾。

1949 年5 月上海解放，医学研究所筹备处全体人员和图书、仪器设备都留在了上海。1950 年，中国科学院接收该筹备处，将其调整为生理生化研究所，冯德培和王应睐分任所长和副所长。

参考文献

冯德培：六十年的回顾与前瞻，《中国近代生理学六十年》，湖南：教育出版社，1996。

（季楚卿）

中国科学院上海药物研究所（Shanghai Institute of Materia Medica，CAS）

中国科学院上海药物研究所是生物学和化学两大学科相结合的综合性药物研究机构。主要研究领域有天然产物化学、药物合成化学、药理学、毒理学和药物分子设计等。该所前身是国立北平研究院药物研究所，创立于1932年。历任所长有赵承嘏、高怡生、谢毓元、白东鲁、陈凯先。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有嵇汝运、池志强、杨胜利等。研究所设有6个研究室：天然产物化学研究室、药物合成化学研究室、分析化学研究室、药理研究室、生物技术研究室、新药研究国家重点实验室，还有一个国家新药筛选中心。

1955～1997年，研究所共取得科研成果160余项。1978～1997年获奖成果有89项，其中国家级奖14项、全国科学大会奖15项、中国科学院奖31项。研制并投入生产的药物有69种，其中创新药物30余种，载入中国药典10余种。该所创制的金属中毒口服解毒药二巯基丁二酸是我国首次被美国仿制、经FDA批准上市的药物；抗疟药蒿甲醚是我国的出口首创新药，被世界卫生组织列为治疗凶险型疟疾的首选药物，1995年列入世界药典。自我国实施知识产权保护法以来，共申请专利38项，其中国际专利9项。

在天然产物化学方面，首任所长赵承嘏是我国运用西方科学技术和方法研究中草药和植物活性产物的先驱。经过60多年的历史，形成了一支天然产物提取分离、结构鉴定、人工合成以及结构修饰的系统的研究队伍。目前的重点研究领域有：活性天然产物分离提取和结构鉴定、天然产物的结构修饰以及构效关系、传统中药活性成分在机体中的多靶点和多途径的协同作用、活性天然产物原料的优良种质及可持续利用、中药复方的综合研究等。在药物化学方面，目前重点研究领域有：抗肿瘤药、神经心血管药物、类风湿性关节炎药物、免疫调节剂、喹诺酮类抗菌药物、医用螯合剂。在药物分子设计方面，目前研究课题有：与药物研究有关的理论方法研究、计算机辅助药物设计方法研究及其在具体体系中的应用。在药理学方面，目前研究课题有：神经药理、肿瘤药理、生殖药理、免疫药理、心血管药理以及药物代谢与药物代谢动力学。在毒理学方面，目前研究课题有：药物一般毒理性、药物特殊毒理性、药物对靶器官的作用。

（田　彦）

中国科学院上海生理研究所（Shanghai Institute of Physiology，CAS）

中国科学院上海生理研究所主要从事神经生物学的基础研究以及一部分低氧生理学研究。该所的前身为中央研究院医学研究所筹备处，创建于1944年末；1950年更名为中国科学院生理生化研究所，1958年生化部分另建上海生物化学研究所后，改为现名。建所50多年来，该所以生理学和神经生物学为主要研究方向。历任所长有冯德培、杨雄里。

建所以来，研究所共取得65项国家和部委级研究成果，其中包括国家级奖21项，中科院奖18项，上海市等部委级奖26项；申请专利23项，其中15项已获批准。该所原有的开放实验室为“低氧生理学开放研究实验室”，曾在有关领域做出了重要的和有特色的贡献。近年来，该实验室的研究方向调整到神经生物学方面。

该所近期重点研究领域为：神经信号发生和传递的基本过程，包括离子通道与受体调控神经信息传递的机制，离子通道与受体蛋白组件、基因图谱与高级结构图谱的解析，离子通道或受体的特异配体的结构与功能；

视觉信息的加工、调控及其模拟，包括视网膜信号传递、调控的细胞和分子机制及其模型分析，视觉中枢图像信息加工的神经元机制，眼运动的神经机制；脑的发育、再生及脑的高级功能，包括神经联系的重建及其细胞和分子机制，纹状体特异神经营养性因子的纯化、结构与功能分析及其基因克隆，联合型学习和记忆的神经机制，神经、精神性疾病相关的前额叶皮层受体特性，人类学习和记忆功能的脑成像，脑高级功能相关区域的新基因的功能；神经系统基因组与后基因组，包括神经精神遗传病遗传样品库的建立和扩大，神经精神遗传病相关基因的定位和克隆，寻找治疗老年性痴呆和精神分裂症的药物，药理基因组学，脑高级功能相关区域的基因组及后基因组研究。

（田　彦）

中国科学院植物研究所（Institute of Botany，CAS）

中国科学院植物研究所从事系统与进化植物学、植物生态学、资源植物分子与发育生物学和光合作用的基础与应用基础的研究。该所是1950 年由北平研究院植物研究所与静生生物调查所植物部合并成立的，当时所名为中国科学院植物分类研究所，1953 年改名为中国科学院植物研究所。历任所长有钱崇澍、汤佩松、钱迎倩、路安民、张新时、韩兴国等。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有戴芳澜、秦仁昌、吴征镒、林镕、张肇骞、侯学煜、俞德浚、徐仁、王伏雄、洪德元、王文采、匡廷云等。

植物研究所建所至1997 年，主要研究成果有550 项，获奖成果达203 项，其中获国家自然科学、科技进步、发明二等奖以上20 项，中国科学院自然科学、科技进步一等奖以上20 项。

系统与进化植物学研究中心包括系统与进化植物学开放实验室（院级）、植物分类和植物地理研究室、标本馆和古植物研究室。主要研究方向为：重要科属的分类专著性研究，植物的起源、进化及其动力以及物种形成和机制的研究，植物物种多样性形成和濒危机理研究，植物各大类群起源演化及其对环境变迁响应的动态关系研究。

植物生态学与生物多样性保育研究中心包括数量植被生态学开放实验室（院级）、鄂尔多斯沙地草地生态系统定位研究站、内蒙古草原生态系统定位研究站（院级）、北京森林生态系统定位研究站、神农架生物多样性定位研究站、华西亚高山植物园和中国科学院生态系统研究（CERN）生物分中心。主要研究方向和任务是：生态系统结构、功能、动态模拟和管理；全球变化与陆地生态系统关系，全球变化的分析、解释与模拟和生态信息系统；生物多样性监测及其生态系统功能。

资源植物分子与发育生物学研究中心主要研究方向为：通过分子生物学、植物生理学、细胞生物学、结构植物学、植物资源学、植物化学等学科相互渗透，利用基因工程和细胞工程等高新技术，围绕植物与环境（包括微生物）的相互关系，研究资源植物发育和生殖、抗逆性、细胞分化以及植物次生代谢等的基因调控机理，并注重野生植物和经济植物有用基因克隆、表达调控及其在农业、医药和环境保护等领域的利用研究。

植物光合作用研究中心主要研究方向与任务为：注重生命科学、物理学及化学的相互交叉和生物学各分支学科的相互交叉，综合开展光合作用反应中心及捕光叶绿素蛋白复合体和有关电子载体蛋白复合体的结构与功能及其调控的研究；类囊体膜的超微、超分子结构与功能，膜脂的结构与功能及其调控等研究，探索提高农作物光能转化效率的

新途径和新技术，最终阐明光合作用高效吸能、传能和转能过程的分子机理，为提高农作物的光能转化率和高光效的基因工程提供理论依据和科学技术。

（田　彦）

中国科学院动物研究所（Institute of Zoology，CAS）

中国科学院动物研究所从事动物系统学、动物生态学、生殖生物学和细胞膜生物学的基础、应用基础和应用发展研究。该所是由1950年中国科学院成立时的昆虫研究室和动物标本保藏委员会以及后来的昆虫研究所和动物研究所合并发展而成的。历任所长有陈世骧、刘树森、王祖望。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有马世骏、张致一、童第周等。建所至1997年，共取得科研成果416项，有260项成果获国家、省部级等奖励，其中由该研究所主持完成的成果达114项。1992～1996年获科研成果奖21项，其中获中国科学院一等奖3项。

动物研究所在生态、资源环境等社会公益研究方面，尤其在对我国的重大害虫飞蝗的根治、粘虫的迁飞和棉铃虫的综合治理等方面做出了重大的贡献。该所科研人员还及时地发现马铃薯甲虫、麦双尾蚜、稻水象甲、美洲斑潜蝇等重要检疫性害虫侵入我国，并向国务院和有关部委发出紧急报告，受到国家领导人的高度赞扬。该所拥有亚洲最大的动物标本馆，馆藏标本388万号。主持《中国动物志》的编研，现已完成75卷，出版20卷。该所的三位科学家作为《中国动物志》编研的代表获得香港"求是奖"。该所主办和编辑出版《动物学报》、《动物分类学报》、《昆虫学报》、《昆虫科学》(英文版)等6种刊物。该所还主办了第19届国际昆虫学大会和第10届国际生态学模型大会。

计划生育生殖生物学国家重点实验室主要研究方向是性腺功能调节的分子机理、受精生物学、胚胎植入机理和抗着床作用机理。农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室当前主要研究方向是以害虫害鼠种群动态及其生理、生态学为基础，重点研究害虫与植物相互作用和协同进化，昆虫与鼠类的行为生态学、昆虫抗药性、害虫害鼠防治的生物技术及虫鼠害防治的系统生态学，为虫鼠害综合治理提供理论依据。生物膜与膜生物工程国家重点实验室当前主要研究方向是线粒体医学的膜分子基础、细胞免疫及分化中的信号识别。

（田　彦）

中国科学院上海植物生理研究所（Shanghai Institute of Plant Physiology，CAS）

中国科学院上海植物生理研究所以植物生理学、微生物学和分子遗传学的基础和应用基础研究为主，同时开展相关的现代生物技术和医药开发研究。该所的前身是原中央研究院植物研究所的植物生理室，1950年改隶实验生物所，罗宗洛任室主任。1953年植物生理室独立成所，定名为中国科学院植物生理研究所，罗宗洛为所长。1970年划归上海市，更名为上海植物生理研究所，1977年11月重归中国科学院领导，更名为中国科学院上海植物生理研究所。历任所长还有殷宏章、沈允钢、许智宏、汤章城。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有沈善炯、洪孟民、焦瑞身等。1953～1997年，研究所共获得成果奖107项（次），其中1990年以后达21项（次）。在获奖项中有国家发明奖一等奖1项，国家自然科学奖二等奖4项，中国科学院一等奖8项。1962年在世界上首先发现了光合作用能量转换中高能态的存

在。在国际上最早报道了水稻蜡质基因的全序列和结构图谱，并阐明了蜡质基因的转录后调控对决定蜡质基因的表达的重要作用。

在植物功能基因组研究方面，目前研究课题有：植物基因表达调控机理，植物基因组表达谱的构建，水稻等的转座因子插入突变群体，基因转化技术和植物细胞遗传操作。在植物和微生物重要功能的分子机理与遗传机制方面，目前研究课题有：植物细胞分化和形态建成，光合作用原初反应和能量转换，光合二氧化碳同化，植物次生代谢的分子调控，微生物次生代谢的分子调控。在植物和微生物的相互作用方面，目前研究课题有：植物与病原相互关系，植物与固氮菌的相互作用。在植物与环境的关系及设施农业方面，目前研究课题有：植物的环境胁迫信号的传递和适应，设施农业相关理论和先进技术。

（田　彦）

中国科学院水生生物研究所（Institute of Hydrobiology，CAS）

中国科学院水生生物研究所通过内陆生态学、系统进化与资源生物学、渔业生物技术等学科领域在基础研究、应用基础研究和应用研究三个层次上的有机结合，探讨内陆水体生态系统的管理和水生生物资源可持续利用的规律及优化原理，为维护和改善内陆水体的生态环境、保护淡水资源、合理发展淡水渔业提供理论依据和技术支持。该所于1950年2月，将原中央研究院动物所的主体、植物所和山东大学的藻类学部分以及北平研究院的部分研究人员合并成立。所址在上海，1954年9月迁址武汉。历任所长有王家楫、伍献文、刘建康、潘金培、陈宜瑜、朱作言。另外，饶钦止、黎尚豪、倪达书等老一辈科学家为该所的创建和发展做出了重要贡献。

1950～1997年共完成科研成果600项。其中，1981～1997年获奖成果达120项，其中国家级19项，中国科学院特等奖2项，一等奖12项，二等奖28项；1991～1997年获奖47项，其中国家级11项，院级30项。

在内陆水体生态学（包括渔业生态学）方面，研究所于20世纪50年代以长江流域为重点，在全国范围内开展了大规模的综合性湖泊调查和定点观测，涉及的湖泊与水库达600多个。60年代，先后以武汉东湖、湖北梁子湖群、湖南洞庭湖、江西鄱阳湖等典型湖泊为基地，进行湖泊生态学和渔业生态学研究。80年代，把湖泊生态环境优化作为大水面渔业的主要研究内容，先后在湖北洪湖、保安湖，安徽太平湖等地开展了示范性研究。在系统进化与资源生物学方面，鱼类博物馆藏有标本30余万号，是亚洲最大的淡水鱼类标本馆；藻类标本室藏有标本3万多瓶，中国淡水藻种库保藏藻种1 000多个品系，是国内和亚洲最集中的保藏单位。白鳍豚馆内，世界上惟一的一头人工饲养的白鳍豚已在那里生活了18年。《中国鲤科鱼类志》、《中国鞘藻目专志》等是经典性文献。在渔业生物技术方面，1984年获得世界上第一批转基因鱼，“银鲫天然雌核发育机理研究”首次提出了银鲫天然雌核发育的细胞学模型；在鱼病学研究中，与有关单位合作完成的“草鱼出血病防治技术”和“淡水养殖鱼类暴发性传染病病原生物学及控制对策”分别获得国家科技进步二等奖和中国科学院科技进步二等奖。

（田　彦）

中国科学院上海细胞生物学研究所

(Shanghai Institute of Cell Biology，CAS)

中国科学院上海细胞生物学研究所根据国际细胞生物学发展趋势，确定以分子细胞生物学为主攻方向，即应用分子生物学和细胞生物学方法，结合形态和功能两方面，从

分子水平研究细胞的生长、分化、发育以及免疫等基本生命活动，以期从根本上阐明发育和遗传的关系以及细胞衰老、死亡、癌变的机理，为解决医学、农业和生物高技术问题服务。该所的前身中国科学院实验生物研究所创建于1950 年8 月，当时由植物生理研究室、昆虫研究室和发生生理学研究室组成。1953 年植物生理研究室和昆虫研究室分别扩建成研究所。1955 年贝时璋带领部分人员到北京筹建中国科学院生物物理研究所，留下的发生生理研究室沿用了实验生物研究所的名称。1978 年改为现名。历任所长有贝时璋、朱洗、庄孝僡、王亚辉、郭礼和。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有姚鑫、施履吉等。研究机构设置有科研项目组19 个，德国马普—上海细胞所青年科学家小组2 个，分子细胞生物学开放实验室（院级）等。

1950～1998 年，共取得研究成果161 项，其中获奖成果71 项，有国家级奖22 项，中国科学院奖25 项。1990 年以来获奖成果达20 项。自1995 年起，已申请并受理的专利有9 项。建所初期，发生生理研究室主要在细胞水平研究卵球成熟和受精、胚胎诱导和分化，以及癌变等经典生物学问题。20 世纪90 年代以来，加强了在分子水平对细胞的研究，开拓了染色体（质）分子生物学、细胞信号转导、生长因子和癌基因、分子发生遗传学等前沿领域，确定近期重点发展领域是基因、基因组和染色体生物学，细胞及细胞间信号转导，细胞生长、分化和发育的分子机制和遗传控制，细胞识别和免疫以及分子细胞生物学的新方法和新技术。

（田 彦）

中国科学院心理研究所（Institute of Psychology，CAS）

中国科学院心理研究所主要从事心理过程、规律、生理机制和有关的重要理论问题和应用问题的研究。该所成立于1951 年，前身是中央研究院心理研究所。历任所长有潘菽、曹日昌、匡培梓、张侃等。

心理研究所重点研究领域有：认知心理学、生物心理学、发展与教育心理学、工程心理与组织行为学。脑—行为研究中心于1994 年成立，由心理学研究所有关研究人员和部分外单位专家组成，名誉主任是澳大利亚 La Trobe 大学脑—行为研究所所长 George Singer 教授，主任是心理研究所林文娟研究员。研究领域有：脑、行为与免疫，学习与记忆，环境、行为与神经递质，注意行为与汉字认知，成瘾行为与脑机制。1978～1997 年，共获得科技成果奖41 项，1998 年又获得中国科学院自然科学奖二等奖和科技进步奖各1 项。

（田 彦）

中国科学院华南植物研究所（Huanan Institute of Botany，CAS）

中国科学院华南植物研究所从事热带亚热带植物类群、群落、生态系统的起源、演化、维持与灭绝机理，生物多样性保护与可持续利用，退化生态系统恢复与重建以及生物资源的开发研究。前身是国立中山大学农林植物研究所，由陈焕镛创建于1929 年，1954 年转隶中国科学院，并改用现名。历任研究所所长有陈焕镛、郭俊彦、屠梦昭、梁承邺。

研究所结构设置包括植物分类、生态、生理生化、植物资源（植化）、植物形态、遗传、引种驯化和园林植物等8 个研究室，鼎湖山、鹤山、小良3 个生态研究定位站，1 个国家级

自然保护区（鼎湖山树木园），1个植物园，1个与广东省合建的珍稀濒危植物研究中心等。华南植物所在1978～1997年共获奖208项（第一完成单位164项），其中国家级奖15项（第一完成单位8项），院省级特等奖2项、一等奖8项。在植物分类学方面，陈焕镛、张肇骞是该领域的先驱者，创建了馆藏100万号标本的植物标本馆，近十几年来通过参加国家和中科院的重大项目等方式重点开展了系统分类和植物区系研究。在自然生态系统研究方面，自建国初期起，通过参加中科院和有关部门组织的大型综合考察，承担华南热带生物资源和热带作物宜林地考察及华南五省区自然区划、农业区划的调查工作，在鼎湖山建立起全国第一个自然保护区，长期从事亚热带常绿阔叶林自然生态系统的研究。在恢复生态学研究方面，该所自1959年以来在电白小良水保站持续地开展了热带季雨林退化生态系统恢复的实验生态学研究。在应用研究方面，该所在20世纪80年代后期完成香蕉试管苗工厂化生产技术的研制，与广东省科委合作在新会市建成年产2 000万株苗的植物种苗生产工厂；该所培育的“博优210”新水稻杂交组合成为华南地区晚季杂交稻的主栽品种；野败型籼稻“三系”配套和第一批强优组合的研究，获1981年国家发明特等奖。

（田　彦）

中国科学院武汉病毒研究所（Wuhan Institute of Virology，CAS）

中国科学院武汉病毒研究所从事昆虫病毒及其杀虫剂、水生经济动物病毒、病毒保藏、杀虫微生物、环境微生物、工业微生物、分析与诊断生物技术的基础和开发研究。1956年起历经变革，1979年定为中国科学院病毒研究所。历任所长有高尚荫、丁达明、蔡宜权、何添福。著名微生物学家陈华葵参加了研究所的创建工作并任副所长。

该所1956～1997年取得科技成果166项，其中获奖58项，国家科技进步奖二等奖2项，院省科技进步一等奖2项。

生物杀虫剂的研制方面包括昆虫病毒杀虫剂、苏云金杆菌杀虫剂和球形芽孢杆菌杀虫剂的研制。该所从20世纪50年代所长高尚荫院士开辟昆虫病毒研究领域以来，先后研制出棉铃虫病毒杀虫剂、油桐尺蠖杀虫剂、黄地老虎病毒杀虫剂等，特别是棉铃虫杀虫剂在我国首获生物农药注册登记，目前每年使用达200万亩次。最近构建的重组棉铃虫病毒株已通过国家农业微生物遗传工程安全委员会的安全评价，获准进入田间试验。在病毒分类、鉴定与保藏方面，中国普通病毒保藏中心设在该所，是1979年由原国家科委和中国科学院正式批准成立的。现已保藏以昆虫病毒为主要特色的病毒毒株620余株，其中200余株昆虫病毒是国外保藏机构没有收集的。该所保藏的病毒占我国已发现的病毒90%以上（占全世界已发现的病毒约15%），是亚洲最大的普通病毒保藏中心。在分析与诊断生物技术方面，DNA生物传感器和介体多功能酶传感器的研究成果在国际核心刊物发表后收到数十份索取函。

（田　彦）

中国科学院武汉植物研究所（Wuhan Institute of Botany，CAS）

该所从事植物保育遗传学和水生植物生物学等方面的基础性研究工作以及华中植物资源的保护和开发研究工作。自1956年起历经变革，至1978年确定为中国科学院武汉植物研究所。历任所长有孙祥钟、冉宗植、胡鸿钧、郑重、胡鸿钧、黄宏文。机构设置为植物保育遗传学研究室、水生植物学研究室、

资源植物研究开发中心、经济微藻研究开发中心、武汉植物园。该所1956～1997 年取得重大科研成果118 项，其中国家级奖10 项。标本馆保藏近 20 万份亚热带（重点为华中地区）植物标本。植物园先后引种栽培4 000 余种植物，共引种栽培300 多种水生高等植物、260 多个荷花品种及60 多个睡莲品种，还培育了一批优良的水生观赏和经济植物品种。

在植物保育遗传学方面，近期研究重点为：我国珍稀濒危植物和特有植物物种遗传多样性的编目与遗传保育策略，华中地区已采取保护措施的珍稀濒危植物物种遗传多样性的评价与监测，华中地区栽培作物野生亲缘植物遗传多样性的编目及遗传保育，华中地区农业遗传学评价和遗传保育等。在水生植物生物学方面，近期研究重点为：中国水生高等植物的种质资源基因库和信息系统的建立，实验生态研究基地的改造及研究工作，优势沉水植物种类的抗逆性、生理生化及新品种选育，长江中下游地区湿地资源的调查和评价，湿地植被的恢复与重建。

（田　彦）

中国科学院微生物研究所 (Institute of Microbiology, CAS)

中国科学院微生物研究所从事微生物资源、微生物分子遗传学、分子病毒学、生物高技术的科学研究与技术开发工作。该所建立于1958 年12 月3 日，其前身是戴芳澜教授领导的应用真菌研究所和方心芳教授领导的中国科学院北京微生物研究室。历任所长有戴芳澜、薛禹谷、宋大康、周培瑾、孟广震。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有邓叔群、方心芳、阎逊初。

按1998 年统计数据，研究所机构设置包括5 个研究室：菌种保藏中心、微生物生理及应用生态学研究室、微生物代谢与发酵工程研究室、酶学研究室、微生物分子遗传与育种研究室；4 个开放实验室：微生物资源前期开发国家重点实验室、真菌地衣系统学开放实验室（院级）、植物生物技术开放实验室（院级，与遗传所联合）、分子病毒学与生物工程开放实验室（所级）。1957～1997 年，共取得科研成果300 余项，其中获国家科技奖26 项，院省部级科技奖87 项。

该所的微生物资源研究在真菌、放线菌、细菌的系统分类和区系调查方面有多年的研究基础。在菌种保藏中心有各类微生物菌种11 500株，涵盖408 个属1 917个种，居国内首位。该所在国内较早开展植物病毒学研究。在病毒结构与功能研究基础上，提出过病毒病的防治策略和措施；开展了抗病毒植物基因工程研究，获得转外壳蛋白基因的抗TMV烟草，转卫星RNA cDNA 的抗黄瓜花叶病毒的烟草和番茄，转TMV 和CMV 外壳蛋白基因的双抗基因工程烟草和辣椒，转CMV 外壳蛋白基因和卫星RNA cDNA 双基因烟草，并都大面积试生产或进行田间试验。在分子病毒学研究方面，完成了花椰菜花叶病毒新疆分离物基因组全长克隆和序列分析，做了水稻黄矮弹状病毒基因组全长克隆和序列测定，并发现了一个新基因。在酶工程、发酵工程等方面取得多项重大成果，维生素C 二步发酵新工艺研究成功后，代替了国内外一直沿用的莱氏法老工艺，使我国成为维生素C 生产大国。该技术于1985 年转让国外，成为我国一项重大技术出口项目。

（田　彦）

中国科学院上海生物化学研究所 (Shanghai Institute of Biochemistry, CAS)

中国科学院上海生物化学研究所从事生物大分子的结构与功能、分子遗传学、基因工程和生物膜的结构与功能等方面的基础性

研究工作。该所成立于1958年，前身是中国科学院生理生化研究所的生物化学部分。历任所长有王应睐、林其谁、李伯良。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有曹天钦、钮经义、邹承鲁、王德宝、龚岳亭、李载平、许根俊、刘新垣等。上海生物化学研究所从建所至1997年，共取得200余项重要研究成果，其中获国家三等奖以上14项，中国科学院二等奖以上42项。另外有10余项具有市场前景和开发价值的成果，分别进入临床前研究和临床观察等阶段。3个公司分别生产经营基因工程药品、体外临床诊断试剂药盒、多肽药物和生化试剂等。

在活性多肽和蛋白质的结构功能、分子设计和作用机制方面，目前的研究内容有：结构生物学，蛋白质的相互识别与作用，蛋白质的生物控制，药物设计等。与北京大学化学系、上海有机化学研究所等单位众多科学家一起，经过6年的艰苦奋战，于1965年共同完成了"人工全合成结晶牛胰岛素"，这是全世界首次人工全合成蛋白质，获得1982年国家自然科学奖一等奖。在分子酶学和蛋白质域结构方面，目前主要研究内容有：蛋白质域结构研究，蛋白质与蛋白质的相互作用，蛋白质磷酸化作用的结构基础，酶的结构与功能，蛋白质折叠与结构转换等。在RNA及RNA与蛋白质的相互作用方面，目前研究内容有：酵母丙氨酸tRNA特性，修饰核苷酸的生物合成及tRNA与疾病的关系；大肠杆菌氨酰tRNA合成酶与tRNA的相互作用；蛋白质生物合成支路；核糖体RNA拓扑学与核糖体失活蛋白；反义核酸与Ribozyme在抑制基因表达中的作用机理等。与上海细胞生物学研究所、上海有机化学研究所、生物物理研究所、北京大学等单位的众多科学家一起，经过13年的艰苦奋战，于1981年完成了"人工全合成酵母丙氨酸转移核糖核酸"，这是全世界首次人工全合成核糖核酸，获得1987年国家自然科学奖一等奖。在基因表达及其调控机理方面，目前主要研究内容有：基因转录调控机制研究，mRNA前体的可变剪接及调控机理，调控因子翻译后加工和修饰等。在生命过程中的信号转导机理方面，目前研究内容有：受体酪氨酸激酶系统的激活机制，表皮生长因子（EGF）受体介导的各个信号途径之间的关联，IL-2在免疫系统中的信号途径，IL-2介导神经镇痛作用的分子机制，神经记忆过程的信号途径等。在基因的新功能及新基因的发现方面，目前主要研究内容有：老年性痴呆相关基因及其突变，肺癌和喉癌相关基因和/或凋亡基因的分离鉴定，人基因组相关基因分离鉴定等。

（田　彦）

中国科学院成都生物研究所（Chengdu Institute of Biology，CAS）

中国科学院成都生物研究所围绕生物资源的发掘、合理利用和保护，开展天然产物、生态环境、两栖爬行动物、环境污染治理以及农业高新技术育种的基础和应用开展研究。近年以本研究所的科研成果为依托，成功地建立了中国科学院成都地奥制药公司。1958年起历经变革，至1978年定名为成都生物研究所，历任所长有伍义泽、张永地、刘照光、李伯刚。

研究所机构设置包括2个中心：天然产物化学研究中心、退化生态系统恢复与重建研究中心；3个研究室：两栖爬行动物研究室、农业高新技术育种研究室、环境研究室；1个馆：动物、植物标本馆。开发系统有中国科学院成都地奥制药公司等研究所独资公司。自建所以来，从1958～1997年，在天然产物化学、恢复生态学、两栖爬行动物学、环

境微生物学、细胞生物学及分子生物学等方面科技成果达235项，其中国家级奖12项（第一完成单位6项），院省部级58项（其中一、二等奖20项），有50多项已在生产上推广应用；申请专利32项（其中授权4项）。

在天然产物研究方面，自20世纪60年代初，开始大规模的植物、两栖爬行动物和微生物资源调查，掌握了西南及周边地区大量的生物资源信息。在天然药用植物活性成分研究方面，对数百种药用植物的化学成分进行研究，分离鉴定了一批皂甙、萜类、生物碱、黄酮等天然化学成分，发现了一些具有新结构骨架的百余种新天然化合物；成功地研制了治疗心血管疾病的新型植物药“地奥心血康”，畅销全国，累计产值27亿元，利税11亿元。在生态环境研究方面，长期以来，该所以长江上游和青藏高原东缘为主要研究区域开展生态环境研究。为促进恢复生态学研究的发展，该所在3个典型地段建立了生态试验站（点）。在两栖爬行动物研究方面，对我国绝大部分地区进行了大规模野外考察，并对亚洲部分地区进行了考察，获得了大量的标本和第一手资料。经几代科研人员的努力，现馆藏标本10余万号（其中两栖类7.3万余号，爬行类2.7万余号），标本的种类和数量在同领域中是全国第一位，亚洲第二位。

（田　彦）

中国科学院生物物理研究所（Institute of Biophysics，CAS）

中国科学院生物物理研究所是以基础研究为主的研究所。目前从事分子生物学、神经生物学、细胞生物学和蛋白质工程等领域的研究。同时也组织部分科技人员为国民经济建设服务，集中发展医药制品和生物医学仪器。

生物物理所是在北京实验生物研究所基础上于1958年建立的。创建人贝时璋任第一任所长。历任所长还有梁栋材、王书荣、王志新。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有邹承鲁、杨福愉等。

该所在蛋白质和分子酶学、结构分子生物学、膜分子生物学、神经生物学、蛋白质工程以及细胞生物物理学等研究领域都有一定的工作基础和研究力量。在蛋白质与分子酶学方面，主要研究课题有：酶活性不可逆改变的动力学、蛋白质构象变化与活性变化的关系、新生肽链及蛋白质折叠。在结构分子生物学方面，主要研究课题有：胰岛素及某些重要多肽激素的结构与功能、捕光蛋白及光合作用反应中心的结构与功能、一些重要功能酶的三维结构与功能、膜蛋白的三维结构与功能、结构分子生物学的研究方法与手段。在膜分子生物学方面，主要研究课题有：二价金属离子对膜蛋白的构象与活性的影响、脱血红素细胞色素c的跨膜运送、膜蛋白二维晶体三维结构等。在神经生物学方面，主要研究课题有：视觉信息加工、神经网络理论模型等。该所曾获国家自然科学奖一等奖1项、二等奖2项、三等奖1项，陈嘉庚生命科学奖1项，中国科学院自然科学奖二等奖4项，中国科学院科技进步二等奖1项。

（田　彦）

中国科学院昆明植物研究所（Kunming Institute of Botany，CAS）

中国科学院昆明植物研究所从事植物分类学、植物区系地理学、植物化学、植物生理学、民族植物学以及植物引种驯化等的基础与应用研究。该所建于1958年。历任所长有吴征镒、周俊、孙汉董、许再富、郝小江。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有胡先骕、严楚江、郑万钧、汪发缵、俞德浚、蔡希陶、陈封怀等植物学家。

机构设置为:植物分类和植物地理研究室、植物化学研究室(1987年建为中国科学院开放实验室)、植物生理研究室、民族植物学研究室、植物园(保护植物学、植物引种驯化)。

昆明植物研究所从建所至1996年,共获得科技成果550项,其中国家级8项,院省级一、二等奖27项;发明专利23项。有50余项应用性科技成果转化为产业性生产,20世纪40～50年代,在烟草优良品种大金元的引种试种和推广种植方面做了大量开创性工作,为云南烟草产业做出了重要贡献。在植物区系地理学方面,该所的植物分类和区系地理研究,经过了经典植物分类、植物区系地理、植物系统进化三个阶段。吴征镒获得“何梁何利基金科学与技术进步奖”,吴征镒和李锡文获得“求是奖”。近期主要研究内容有:东亚植物区系起源与演化,中国植物志,云南植物志,云南和西南亚热带地区植物地理学,喜马拉雅和横断山地区的地史演化、物种形成和生物地理,重要类群的分子植物地理学,外来物种入侵对生物多样性的影响,重要及特有真菌的系统研究。在植物化学方面,经历了提取分离、结构鉴定、植物化学分类和化学生态等发展阶段,形成了现代植物化学的研究特色。近期主要研究内容有:药用植物、农用植物、香料植物的活性成分的提取、分离、鉴定、筛选、修饰及合成,生理活性天然先导化合物的筛选,重要植物类群次生代谢产物的生物转化和生物合成,重要植物类群的化学分类学、化学系统学和化学生态学,植物化学研究的新方法和新技术。

(田　彦)

中国科学院昆明动物研究所(Kunming Institute of Zoology, CAS)

中国科学院昆明动物研究所从事动物系统学、细胞与分子进化、灵长类生物学、资源与保护生物学的基础和应用研究。该所于1959年4月成立。历任所长有刘崇乐、潘清华、施立明、季维智。研究机构设置有系统动物学研究室、遗传与进化研究室(以1990年建立的中国科学院细胞与分子进化开放实验室为主体)、灵长类生物学研究室、动物毒素研究室、保护生物学中心、昆虫学实验室、中国科学院典型培养物保藏委员会昆明细胞库。后通过结构性调整,对研究室和学科进行优化组合,形成以进化生物学、资源与保护生物学、灵长类生物学为核心的研究体系。

建所以来,获得国家、中国科学院和省部级科技成果奖112项。在资源开发利用方面,研制出数十种产品。在进化生物学方面,以细胞与分子进化和动物系统学为基础,从动物系统演化、染色体进化与分子进化、群体遗传、真核细胞起源与进化、生物基因组的比较和生物大分子结构功能的进化模式与机制、行为进化等方面,综合探讨进化生物学问题。在资源与保护生物学方面,发挥多学科综合优势,以保护生物学、动物毒素学和相关生物技术为基础,从生物多样性编目,人类活动对野生动物及其栖息地的影响,物种濒危的生态学和遗传学基础以及保护中的遗传管理,濒危动物的就地和迁地保护对策,动物毒素的结构与功能及其在药物开发中的应用,野生动物和重要家养动物及其野生近缘种的种质(基因)资源的保存和功能基因的筛选,生殖生物技术在野生动物保护和畜牧业中的应用等方面,探索生物多样性保护和可持续性利用的有效方法。对动物毒素活性物质的分离纯化和结构与功能的研究,为有毒动物防治和毒素利用提供理论基础和药物(包括有用基因)。还建立了我国第一个野生动物细胞库和保护生物学中心。在灵长类生物学方面,依托我国西南地区灵长类动物资源的优势,以灵长类动物为模型,从功能、

形态、生殖、免疫、神经、生态和行为等方面，开展与人口、人类健康等密切相关的生命科学前沿问题的研究。

（田　彦）

中国科学院西双版纳热带植物园 (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS)

中国科学院西双版纳热带植物园以保护生物学和森林生态系统学为重点发展学科，立足云南，面向我国西南和东南亚热带地区，开展生物多样性有效保护及可持续发展的一些前沿领域，如森林生态系统的结构与功能、生物多样性动态与监测、生物多样性保护与管理以及生物多样性可持续利用等的研究。该园从1959年起历经变革，至1997年2月成立为中国科学院西双版纳热带植物园。历任园主任有蔡希陶、许再富。机构设置为研究室（站）5个，科技开发企业3个，还有标本馆、种质库等。

西双版纳热带植物园经40年的建设和发展，在面积达900 ha的土地上，已从国内外收集、栽培、保存了约4 000种的热带植物，分布在10多个植物专类园（区）中；获得科技成果279项，其中获奖90项，国家奖9项。在保护生物学方面，近十几年来，植物园已在热带雨林就地保护、稀有濒危植物迁地保护和自然资源（主要是植物资源、森林资源、土地资源）的可持续利用等领域开展较深入研究，如热带雨林的群落多样性、热带森林的植物区系成分、热带雨林的树种多样性特征、热带雨林片段化与物种消长规律、热带雨林自然保护区的科学管理、某些植物濒危机制、地区性植物受威胁及其优先保护综合评价、稀有濒危植物迁地保护的原理与技术、热带混农林系统的生态原理与发展工程技术、民族传统森林文化知识与生物多样性管理等。目前已建立了热带雨林和亚热带森林两个生态站，以及生物地球化学实验室和森林气候实验室，热带雨林生态系统定位站，主要进行热带雨林生态系统结构、功能和动态的长期定位观测研究及多层次、多种类、高生产力和高生态效益的人工群落优化模型示范。

（田　彦）

中国科学院上海昆虫研究所 (Shanghai Institute of Entomology, CAS)

中国科学院上海昆虫研究所从事昆虫学领域内与资源、环境、生态和农业相关的基础和应用研究。该所成立于1959年，但它的组织基础及学术继承可追溯到前中央研究院动植物研究所和上海震旦博物馆。历届所长有杨平澜、尹文英、朱国凯、陈元光、李鸿昌、丁德诚。

按1998年统计数据，研究所有职工179人，其中科研人员100人。有中国科学院院士1人，研究员13人，副研究员和高级工程师等27人。有2个研究中心、3个实验室、1个昆虫标本数量居全国第二名的标本馆（馆藏30个目昆虫和螨类标本60余万号）以及1个昆虫专业图书馆。

长期以来该所的主要研究领域有：以无翅亚纲研究为主的昆虫系统分类，以杀虫剂和环境有害物质毒理及昆虫抗药性机理为主的环境毒理，以昆虫信号化合物和激素调控为主的昆虫生理和化学生态以及昆虫与植物协同进化。自1980年以来，取得研究成果64项，其中国家级奖10项，院省部级奖54项。近期的重点研究领域有：城市昆虫（害虫繁殖和控制的生物学基础）、环境杀虫剂毒理、昆虫系统分类。在环境毒理方面，主要进行包括害虫抗药性毒理，杀虫药剂在环境中的残留、降解、迁移和归宿，环境有害物质对

人群影响的基因分析。在城市昆虫方面，主要研究包括城市害虫的无公害控制以及与发展害虫控制新技术相关的基础性研究，主要涉及昆虫行为、发育和生殖的调控及其分子机理等。在昆虫系统分类方面，主要研究以原尾虫为主的无翅类昆虫和有翅类昆虫的蝇类、蝗总科和蚧总科，结合分子生物学技术的应用，为节肢动物门的系统重建提供科学依据。

（田　彦）

中国科学院西北高原生物研究所

(Western-north Institute of Plateau Biology, CAS)

中国科学院西北高原生物研究所从事高原生态学及草地畜牧业可持续发展、高原生物资源的研究与开发、小麦遗传育种与旱区生态农业为主的基础和应用研究工作。1959年以来历经变革，至1979年恢复中国科学院西北高原生物研究所的名称。历任所长有马世骏、夏武平、常韬、李家藻、王祖望、樊乃昌、杜继曾、张宝琛。在研究所创建和建设中做出了重要贡献的老一辈科学家还有印象初。机构设置为研究室4个，开放实验站1个，农业试验站1个。该所1961～1997年共取得科研成果198项，获奖成果100项（1990年以来40项），其中国家级奖11项，中国科学院奖16项，省部委奖73项。采集收藏青海高原动植物标本41.7万号。

建所初期，主要从事高原野生动植物资源调查及其综合利用、高原水生生物资源及渔业生产、农业丰产技术、青藏高原草地资源调查及其合理利用、高原动植物生长发育及其生理学等方面初步研究；20世纪60年代末70年代初，开始高原动植物分类区系及系统演化、高原生物资源开发利用、农牧业主要动植物敌害发生规律及其防治、高原动植物个体与种群生态学、高原湖泊渔业生物生态学、春小麦遗传育种和农作物抗性生理等方面研究；20世纪70年代中期到80年代，开展了以草地为重点的陆地生态系统结构、功能与提高生物生产力途径的研究，加强了春小麦遗传育种、高产栽培及农田生态学、鼠害综合防治技术、青藏高原药用植物化学及药用植物资源开发、高原动植物生理生态适应机制等方面的研究。1988年，海北高寒草甸生态系统定位站正式向国内外开放。20世纪80年代末期以来，又陆续开展了青藏高原环境演变及其与人类活动的关系、高原生物与全球变化的关系、青海湖地区生态环境与社会经济可持续发展、旱地生态农业与可持续发展等研究。在高原生物资源的研究与开发方面，20世纪70年代以来，开展了青藏高原动植物资源及藏药的开发工作。主持研制成功国家级一类动物新药材——“塞隆骨”，“塞隆骨新药资源及其制剂塞隆风湿酒研究”获得国家、中国科学院和青海省多项科技进步奖。

（田　彦）

中国科学院发育生物学研究所

(Institute of Developmental Biology, CAS)

中国科学院发育生物学研究所主要从事动、植物的发育生物学重要基础理论研究工作和具有重大应用前景的应用基础研究工作。由前中国科学院副院长童第周和美籍华裔科学家牛满江于1978年共同建议并于1980年正式成立，其前身是中国科学院动物研究所童第周领导的细胞遗传学研究组。历任所长有庄孝僡、严绍颐、孙方臻等。

发育生物学研究所目前的研究方向是在分子和细胞水平上研究生物个体发育的机制和遗传调控，包括5个重点研究领域：受精和早期胚胎发育中细胞识别及信号转导、细胞

核全能性的分子基础、生殖发育重要基因的分离及功能研究、细胞命运决定和形态建成的分子基础和高等生物发育与生长控制的遗传操作。曾获中国科学院科技进步一等奖2项、二等奖1项；“山羊胚胎细胞继代核移植后发育能力的研究”为1994年中国十大科技新闻之一。

（田　彦）

中国科学院上海脑研究所（Shanghai Institute of Brain，CAS）

中国科学院上海脑研究所主要研究方向是脑的正常结构和功能的基础研究，以及与防治神经系统疾病有关的应用基础研究。该所1981年建立，历任所长有张香桐、吴建屏。共取得科研成果25项，其中获得国家自然科学奖二等奖1项。

该所成立以来，先后进行了神经元的发育、受体的结构与功能关系、神经元的整合机制、神经元和神经胶质细胞的相互作用、视觉系统的神经元回路、痛觉的机制和调控、呼吸的中枢机制、运动皮层的功能组构、程序行为的神经系统、学习记忆和癫痫的发病机制等方面研究。在脑研究所建立初期，其研究骨干主要从事神经生理学和神经解剖学研究工作。曾先后建立过神经化学实验室、神经细胞发育实验室以及受体结构和功能关系实验室，后又开发了中枢神经系统不同部位的离体脑片和全细胞电压钳技术，研究神经元回路和神经元离子通道电流的特性。

（田　彦）

中国科学院遗传研究所（Institute of Genetics，CAS）

中国科学院遗传研究所主要从事生物遗传与变异规律的基础和应用基础研究工作，研究对象包括植物、动物、微生物和人类，研究层次涉及分子、细胞、个体和群体四个水平。重点发展方向是分子遗传学、基因组学、基因工程和细胞工程。

遗传所的前身为中国科学院遗传选种实验馆，创建于1951年7月，1952年9月改称中国科学院遗传栽培研究室，1956年改名为遗传研究室。1959年9月25日，经国家科委批准，遗传研究室与动物所遗传组合并，成立中国科学院遗传研究所。历任所长有胡含、李振声、陈受宜。

遗传所成立以来为发展遗传学研究和国民经济建设做出了重要贡献。20世纪60年代，根据杂种优势，利用三系配套理论选育了高粱的三系和优良杂交组合，推广面积达1.3×10^4 km^2，还在全国范围内普及和推广杂种优势利用的技术和基础知识，为后来在全国推广杂种优势利用奠定了基础；70年代，率先开展了花药培养，在国际上首先提出花药单倍体育种途径，此技术被育种界广泛采用；80年代，分子遗传学、基因工程与分子细胞学成为遗传所研究工作的主流，在国内是率先运用分子生物学技术开展基因工程、基因组研究等的单位之一，并已取得了一批成果。“水稻花粉植株的产生、特性与应用的基础研究”获1997年国家自然科学奖二等奖，“棉花远缘杂交育种体系的建立”获1998年中国科学院发明特等奖；1990～1997年通过审定的新品种共19个，培育的玉米、大豆、小麦、甘薯、棉花、油菜等新品种推广后，比当地主要栽培品种增产10%～20%，累计推广面积约7×10^4 km^2，增产粮、棉、油约225万吨，累计经济效益约63亿元。

该所的植物细胞与染色体工程国家重点实验室主要研究方向有：小麦重要经济性状遗传变异的理论与应用基础，小麦花粉植株无性系变异规律与机制，小麦细胞、染色体与基因工程新体系的探索，小麦重要基因的

分子标记，重要农作物育种新技术。

植物生物技术开放实验室（院级，与微生物所联合）的研究方向包括三个领域：植物基因组和功能基因组学、高等植物发育分子遗传学、植物抗逆性分子机制和基因工程。

人类遗传学与基因组学开放实验室为遗传所的开放实验室。1999 年成立，主要研究方向包括结构基因组学、功能基因组学、基因组分析与基因组分型研究。近期重点研究内容有：大规模基因组测序、基因组多样性研究、功能基因组学研究。

（田　彦）

中国科学院上海生物工程研究中心

(Shanghai Research Center of Bioengineering, CAS)

中国科学院上海生物工程研究中心从事生物技术与工程的研究与开发工作。1983 年 8 月成立中国科学院上海生物工程实验基地筹备处，负责实验基地的筹建。1991 年11 月通过国家竣工验收，定名为中国科学院上海生物工程研究中心。中科院根据已建成的两条工艺线，确定中心的定位：以基因工程为主导，微生物工程为基础，同时适当发展细胞工程和酶工程。1994 年，中心领导决定，在继续做好中试研究和中试服务的基础上，中心的科研工作应适当向上游研究和产业化延伸。历任主任有孙玉昆、杨胜利、赵国屏。科研成果达20 余项，获得国家发明奖1 项，中科院科技进步奖1 项。

在研究工作方面，以生物高技术的产业化为主要任务，开展基因工程、微生物工程的应用技术、工艺和工程技术及中间试验研究。在中试研究方面，从初期以技术转让或办联营厂为主要开发模式，转为中心的研究室与港台地区公司或国内有关企业成立合作实验室，以市场需求为科研立项的依据，同时，在科研工作的早期引入企业资金。这种方式收到了较好的效果。在此基础上，进一步明确开发工作方向和策略：依靠自己力量开发1～2 个拳头产品，将原中试车间改为中试工厂，使“中试、技术开发、产品生产”一体化；以技术入股或资金入股方式办合资、合作企业，直接介入高新技术的产业化；建立良好的技术服务、后勤服务和物业管理体系，改善内部投资环境，吸引生物高新技术企业，发挥高新技术企业的孵化器作用；成立开发处，统管和协调中心的开发工作，并加强市场调研，建立工作规章制度。

（田　彦）

生命科学国家重点实验室 (State Key Lab of Life Science)

1984 年，为适应科技、教育、经济、社会发展形势，做好科学技术储备，加强基础和应用基础研究，促进科学技术探索，解决国家在经济建设中的重大科学问题，并在主要的科学前沿和有广泛应用前景的学科领域内更好地为国内学者创造条件，积极开展学术交流和合作研究，国家计委组织实施了“国家重点实验室计划”。通过国家投资和利用世界银行贷款，共建设实验室156 个，其中生命科学35 个，目前正在运行的有34 个。主要分布在生物基础科学、基础农学、基础医学、药学等领域。从区域上看，这些国家重点实验室主要分布在北京、上海、武汉等十多个省、市；有约占1/3 的实验室建立在重点院校，其他则分布在中科院、农业部和卫生部所属的研究所之中。

实验室的基本组织结构和运行机制概括起来有以下几点：1. 国家重点实验室是在若干科学发展的前沿领域建立的“相对独立的研究实体”，定位在基础性研究，依托于研究所或大学；2. 实行“开放、流动、联合”的

运行机制，面向国内外开放，即国内外科学家都可以在实验室课题指南范围内，通过课题申请来实验室进行科学研究，并获得经费支持；建立精干、结构合理的科研、技术队伍，其中1/3 为固定研究人员，2/3 为流动客座；3. 成立由全国同行科学家组成的学术委员会，把握学科方向，审批研究课题，支持优秀人才和高水平的研究课题；4. 积极创造条件支持高层次的国际合作与交流，参与国际竞争；5. 引入竞争机制，实行定期检查评议，高标准、严要求，优存劣汰，有上有下，保持活力，不断探索；6. 树立有限目标，站得高一些，看得远一些，做得深一些，争取在国际上有一席之地。

国家重点实验室取得的主要成绩有：

1. 在生命学科的各个重要领域基本形成了能够代表国家水平的基础性研究基地，建立了一批学科布局合理、装备精良、工作环境良好的基础性研究和高技术前沿探索的基地。

2. 在生物学科的重要前沿领域聚集和造就了一批精干、富有创新精神的队伍。国家重点实验室聚集了一支精干的队伍，他们当中有院士，有多年在国外留学归来的有识之士，有国家杰出青年奖获得者，还有不少被评为对国家有突出贡献的中青年科学家，他们在国内外获得了各种荣誉和嘉奖，是跨世纪的学术带头人。

3. 取得了一批高水平的成果。国家重点实验室成立以来，在全体科研人员艰苦奋斗、锲而不舍的努力下，取得了一批具有国际水平的研究成果。如：生物大分子国家重点实验室在酶分子活性部位的柔性研究方面取得了突破性进展，首次从溶液构象角度与功能角度证明了活性部位柔性的重要性，开创了酶分子变性失活的比较动力学方法，居国际领先水平；病毒基因工程实验室在国际上首次研制成功α1b 型基因工程干扰素等等。这些科研成果有的对科学技术的发展有重要意义，有的对我国当前和未来的国民经济的发展具有很强的应用背景和指导意义。

4. 促进了与国外的学术交流和科技合作，推动了我国科学事业走向世界。国家重点实验室特别重视参与国际合作和交流，有些学术带头人已成为国际学术组织的负责人；不少实验室同欧美发达国家以及日本、韩国、东南亚各国都有很好的合作伙伴，取得了不少可喜的成绩。

5. 国家重点实验室实行“开放、流动、联合、竞争”的方针，初步建立了基础性研究的新机制。

这些国家重点实验室已发展成为生命科学领域基础研究和高新技术创新的重要力量，为我国生命科学的稳定发展做出了不可替代的贡献。但随着我国科技体制改革的纵深发展，科教兴国战略的实施，国家创新体系的建立，国家重点实验室面临新的挑战。21世纪是生命科学的世纪，国家重点实验室将开拓创新，为我国生命科学的发展和国民经济建设做出更大的贡献。

（王政芳）

分子生物学国家重点实验室（State Key Lab of Molecular Biology）

该实验室创建于1984 年，依托于中国科学院上海生物化学研究所，经过三年的建设，于1986 年底建成。现任实验室主任为林其谁，学术委员会主任为敖世洲。

实验室近期主要研究内容是充实分子生物学的基础研究和应用基础研究，研究方向包括生物大分子的结构与功能、分子遗传学和生物膜。目前在以下七个分支领域开展研究：1. 胰岛素及相关生长因子的结构和功能；2. 活性多肽和酶蛋白的结构与功能；3.

氨酰tRNA合成酶研究及其与tRNA的相互作用；4. 核糖核酸的结构与功能；5. 基因表达的分子机制；6. 性激素对核基因表达的控制；7. 生物膜的结构与功能。

实验室成立以后，创立了高温DNA序列测定系统，解决了自动化程序所要求的热稳定性，这是对当时DNA序列测定研究的一大贡献。此项研究为国际首创，获得1993年国家科技进步二等奖和1992年中国科学院科技进步一等奖；在tRNA的结构与功能研究方面，“RNA结构、功能与进化的研究”获1992年中国科学院自然科学奖一等奖；在雄激素对大鼠PSBP基因转录调控的研究方面，系统地探讨了受雄激素诱导的大鼠前列腺甾体结合蛋白（PSBP）基因在时间、空间和激素影响下的转录特性，证明了它是研究甾体激素作用原理和真核基因表达的调控机制这两个生命科学中心问题的一个理想的研究模式系统，该项工作获1993年中国科学院自然科学奖一等奖。

（王政芳）

遗传工程国家重点实验室（State Key Lab of Genetic Engineering）

该室是谈家桢等学者于1984年创建的，依托于复旦大学，1987年建成。主要研究方向包括：围绕国家的各项任务，在基础研究方面，加强酵母菌、高温菌、棒状杆菌的质粒载体，DNA大片段化学合成以及植物人工染色体方面的研究；在应用基础方面，进行肿瘤坏死因子基因工程、白细胞介素II的基因工程，高温淀粉酶基因工程，心钠素的基因工程，降钙素相关肽的基因工程等的研究。其中期研究目标将继续抓好建立基因工程载体系统的研究以及蛋白质工程的研究。

（王政芳）

天然药物及仿生药物国家重点实验室（State Key Lab of Natural Medicine and Bionic Medicine）

该实验室是1985年由国家计委投资建设的第一批国家重点实验室，1987年建成并通过国家验收，依托于北京医科大学药学院。实验室主任为张礼和，学术委员会主任为王夔。

该室研究方向包括：以生物医学研究的进展和成果为基础，通过对交叉学科和多学科的综合研究，寻找新类型的先导化合物，探索结构 — 性质 — 生物活性的关系，最终达到开发新型药的目的。重点研究内源性活性物质及其类似物（如核苷、核苷酸、多肽、多糖、微量元素等），动、植物来源的新生物活性成分及其类似物。针对由于细胞调节及信息传递过程的失控和细胞损伤引起的各类疾病（如肿瘤、心血管疾病等），建立筛选模型，研究防治这类疾病的药物。

近年来，实验室获得了多项高水平成果。“中草药血小板活化因子受体拮抗剂活性成分研究”获1992年国家教委科技进步二等奖。在农用及药用化合物的生物活性筛选、肿瘤诱导分化药物研究、血吸虫病合成肽疫苗研究、心血管活性多肽及类似物研究、非放射性DNA探针标记试剂及显示技术研究等方面都取得了重大进展，并申请了多项专利。

（王政芳）

植物分子遗传国家重点实验室（State Key Lab of Plant Molecular Genetics）

该室创建于1986年，依托上海植物生理研究所，1988年建成并通过国家验收。由许智宏创办，现任实验室主任是许政恺。

实验室主要从事与植物分子遗传和基因工程有关的基础及应用基础研究，主要的研究方向是围绕植物的生长、发育、分化、代

谢、抗性等生物学中的重大问题，重点研究植物基因的结构、功能及基因的表达和调控规律，阐明这些基因如何在植物发育与分化的不同阶段，在不同的组织和器官中精确而有序地表达以及在受到外界胁迫时应答表达的分子机理。此外，在这些理论研究的基础上，开展植物基因工程的研究，培育具有抗虫、抗病、抗逆境的高产优质新品种，为我国农业生产的发展提供新途径和新技术。

在原生质体研究方面，首次将大豆、高粱、毛白杨、悬铃木等多种植物的原生质体培养成功再生植株，并建立了多种植物的细胞转化系统，该项工作获1990 年中国科学院自然科学奖一等奖；在水稻蜡质基因表达调控及基因分子结构的研究，大豆贮藏蛋白基因的结构和表达的研究，植物发育分子生物学的研究，抗虫转基因甘蓝等蔬菜的培养，核酶体内作用模式系统的建立及核酶作用机制的研究，重要农作物基因转化系统和转化技术的研究，应用转座因子标签技术分离高等植物基因的研究，抗除草剂草甘膦的大豆、棉花突变体的选育等方面的研究工作均取得了重要进展。

（王政芳）

生物大分子国家重点实验室 (State Key Lab of Biomacromolecule)

生物大分子国家重点实验室依托于中国科学院生物物理研究所，它是1988 年在生物物理所有关酶学、生物膜和生物大分子空间结构与功能有关科研工作的基础上，由邹承鲁、杨福愉、梁栋材共同创建的。1989 年，实验室面向国内外开放。现任实验室主任由王志新担任。

实验室的主要研究方向有：1. 酶的催化与调控原理研究，酶的化学结构和空间结构变化与酶活性变化的关系；酶作用的动力学与不可逆抑制动力学；蛋白质生物合成过程中新生肽链的折叠和帮助折叠的生物大分子研究。2. 酶、蛋白质、核酸等生物大分子的三维空间结构测定，空间结构与其功能关系研究，蛋白质设计和分子改造的研究。3. 功能膜蛋白，如与信号跨膜转导、物质运送和能量转换等有关的膜蛋白（或膜结构酶）的构象与活性的关系及其调节因素的研究；蛋白质跨膜转运的研究；结合我国实际，在生物膜与疾病、药物以及农作物抗性等方面开展一定的应用基础研究。

该实验室在蛋白质功能基因的化学修饰与其生物活性间的定量关系研究，高分辨率高精度胰岛素和去五肽胰岛素的晶体结构、酶活性不可逆修饰动力学研究和蛋白质二硫键异构酶的性质研究以及胰岛素分子正确结构形成等研究方面获得多项国家自然科学奖，并被多次评为优秀国家重点实验室。

（王政芳）

分子肿瘤学国家重点实验室 (State Key Lab of Molecular Oncology)

该实验室是在肿瘤所原分子遗传学和分子免疫学研究工作的基础上于1986 年创建的。1988 年建成并通过国家验收，同年向国内外开放。依托于中国医学科学院肿瘤研究所。

实验室的研究方向和长期的目标是阐明我国常见恶性肿瘤（食管癌、肺癌、肝癌等）癌变过程中体细胞基因组的各种改变，探讨延缓、中止或逆转各过程的各种可能途径，为发展新的临床治疗和预防手段提供科学依据。

实验室结合我国常见食管癌，从20 世纪70 年代末至今进行了比较系统的诱发食管癌癌旁黏膜成纤维细胞恶性转化的研究工作，取得初步成功后，又进行了用亚硝胺类

致癌物诱发胎儿肾上皮细胞恶性转化的实验。最近实验室又用分子生物学技术，将与人类恶性肿瘤密切相关的人乳头瘤病毒16型DNA恶性转化了人上皮细胞，获得了不死性细胞株，为深入研究角化上皮细胞癌变的多阶段和多因素的分子生物学和细胞生物学过程，阐明人体常见肿瘤的癌变和去恶化机理提供了实验系统。此外，实验室用PCR新技术，以PMA诱导的HL-60细胞第一链cDNA为模版，分离到了完整的肿瘤坏死因子cDNA，并在*E. coli*中获得高效表达。

在分子免疫学方面，实验室正进行肝癌的病毒病因的研究和有效免疫的预防研究，黄曲霉毒素在肝癌发生中的病因学意义研究，建立了黄曲霉毒素单克隆抗体系列及免疫浓缩技术，为免疫基因产物的浓缩与纯化打下了技术基础，摸索并建立了DHBV的克隆及序列分析技术，建立了增生肝的特异性cDNA基因库以及酵母的分泌型穿梭型载体系统等等。

（王政芳）

癌基因及相关基因国家重点实验室

(State Key Lab of Cancer Gene and Related Gene)

该实验室由顾健人等学者创建于1985年，于1988年建成并通过国家验收，依托于上海市肿瘤研究所。

实验室的近期战略目标是：进行细胞的癌基因与抗癌基因，以及生长因子及其受体的基因、与人体肿瘤密切相关的病毒基因的研究，揭示细胞癌变的原理和病毒、化学致癌因子导致癌变的分子基础，并通过癌基因和抗癌基因及其产物的研究，为生物技术诊断和防治肿瘤提供新方法和新途径。

近些年来，实验室在我国常见癌症（肝癌、肺癌为主）的癌基因谱、抗癌基因的探索、从基因水平探索治疗的新途径、病毒致癌分子机理、诊断的新技术等方面取得了新的进展，并获得突出的成果。

（王政芳）

淡水生态与生物技术国家重点实验室

(State Key Lab of Freshwater Ecology and Biotechnology)

该室是由刘建康、陈宜瑜创建，1989年建成并通过国家验收。现任实验室主任为朱作言，学术委员会主任为梁彦龄。

该实验室从事淡水生态学的基础研究与应用基础中的基础性工作和水生生物良种培育的生物技术基础与应用研究。其研究方向是探讨环境因子，特别是人类活动对淡水生态系统的结构与功能的影响，揭示水体污染的机制、危害并提出防治对策，为淡水资源的保护和持续利用提供理论基础；开发生物技术，探讨建立新型渔业方式，特别是集约化养殖方式的理论基础。为建立新型、高效、健康和持续发展的渔业模式，解决渔业发展与维系良好水质的矛盾，实验室提出了合理开发利用和保护我国淡水资源的战略设想。

实验室在1997年被评为国家优秀实验室。特别是在东湖生态学研究、鱼类GH基因工程、细胞工程育种研究方面提出了国际同行认同的新理论，在有机污染物的转移归宿和用分子生态毒理指标进行环境污染物的监测方面达到了国际水平。为此，实验室获得了包括国家自然科学奖二等奖等在内的多项国家级奖励及省部级成果奖。

近几年实验室从开展淡水微生物的生物量与生产率的研究，鱼类能量代谢和鱼类对水生生态系统的影响，以及广泛分布的主要污染物质对淡水生态系统的影响及其在生态系统中的归趋着手，为合理开发利用淡水生态系统，改善水体环境质量提供了科学依据；

进一步开展受控水生态系统中各营养级能量传递和物质代谢过程、各成员间相互关系及其调节控制机理的研究，找出渔业生产实践中与Lindeman 定律相差悬殊的原因，为改变传统的养殖结构提出理论依据；通过控制条件下室内模拟研究和室外生态定点观察相结合的途径，对湖泊渔业与富营养化的关系作出正确的评价以及对城郊湖泊富营养化的进程控制和恢复提供了科学依据，为充分利用我国自然条件和资源优势，提高淡水水域生物生产做出贡献。

（王政芳）

病毒基因工程国家重点实验室 (State Key Lab of Virus Genetic Engineering)

该室是1987 年在中国预防医学科学院病毒学研究所有关分子病毒学和病毒基因工程研究工作的基础上建立的，依托于中国预防医学科学院病毒研究所。1989 年通过国家验收。

实验室主要从事病毒基因工程和分子病毒学的应用基础研究，研究方向包括四个方面：1. 动物病毒的基因和蛋白质的结构与功能；2. 病毒基因组表达的调节与控制；3. 病毒有关活性肽的基因工程和蛋白质工程；4. 病毒载体。

该室成立以来，积极承担国家的各项科研任务，在科研工作、人才培养、国内外学术交流中取得了显著的成绩。主要成果包括：独立完成我国痘苗病毒天坛株基因组全序列的克隆及测序；在独立发现大肠杆菌中存在基因转录增强子后，又在痘苗病毒Hind III K 片段、HPV-6 型的URR 区、SV40 Hind III B 片段、RSV G基因片段中发现了原核增强子样序列；构建了一种新型的具有肝细胞特异导向性的EB 病毒表达载体，为某些肝病基因治疗的研究打下基础；在国际上首先研制成功人α1b 型基因工程干扰素，它可用于治疗多种病毒疾病（包括乙型肝炎）和恶性肿瘤，是我国第一个正式获得国家批准并投放市场的高新生物技术药物。该室获国家科技进步一等奖1 项，卫生部科技进步一等奖5 项，1996 年被评为国家优秀实验室。

（王政芳）

兽医生物技术国家重点实验室 (State Key Lab of Veterinary Biotechnology)

该室于1986 年由国家计委投资建设，经过三年努力，1989 年建成并通过国家验收。依托于中国农业科学院哈尔滨兽医研究所。实验室主任由卢景官担任，学术委员会主任由马思齐担任。学科发展方向包括研究畜禽传染病的分子生物学基础及其预防，诊断或治疗用的细胞工程和基因工程制剂，在分子水平上研究重要病原微生物的致病及免疫机制。实验室研制成功的慢病毒疫苗——EIA 弱毒疫苗，国际上给予了很高的评价。首次揭示患病马血清与其弱毒免疫马血清抗体的鉴别，并证明EIA 疫苗虽与宿主细胞DNA 有整合，但在血清中只有抗原片段，无完整病毒粒子，故无传播感染性。这一结果是对人和动物慢病毒病研究的重大突破。在兔出血症病毒的分离、鉴定及基因克隆，肉食动物细小病毒和腺病毒的核酸探针诊断等方面均取得了重大的进展。

（王政芳）

生物膜与膜生物工程国家重点实验室 (State Key Lab of Biomembrane and Membrane Biotechnology)

该室由膜生物化学与分子生物学分室（中科院动物所）、膜生物物理与膜生物工程分室（清华大学生物科学与技术系）和细胞膜离子通道与受体分子生物学分室（北京大

学生命科学院）三个分室组成。1988年实施建设计划，1990年11月建成并通过国家验收。实验室第一届主任是中国科学院动物所刘树森，现任主任是陈佺。

主要研究方向和研究内容有：1. 膜生物化学的基础研究：重点围绕生物膜能量转换与跨膜信息传递的生物化学与分子生物学机制来开展研究；2. 膜生物物理的基础研究：主要侧重于应用多种波谱技术及近代物理方法研究生物膜的结构与功能，特别是重点进行有关膜蛋白结构、膜分子组装、蛋白质结构的模拟和预测、膜脂—膜蛋白的相互作用以及细胞膜上离子通道的发育研究等；3. 细胞膜离子通道研究：主要进行可兴奋膜以及非可兴奋膜的离子通道特性、药理学作用机制和离子通道的分子生物学研究；4. 膜生物工程的基础理论及应用技术研究。

在膜的生物物理的基础研究方面，该室在国际上最先提出有关细胞膜上蛋白质分子扩散、凝聚的DMT（Diffusion Mediated Trapping）理论，由此获得国家教委科技进步一等奖；另外，在膜生物化学的基础研究、细胞膜离子通道研究、膜生物工程研究等方面均取得了重要进展。

（王政芳）

蛋白质工程及植物基因工程国家重点实验室（State Key Lab of Protein Engineering and Plant Genetic Engineering）

该实验室于1987年6月投资建设，1990年9月建成并通过国家验收，依托于北京大学。实验室主任由许智宏担任。

实验室的主要研究内容有：根据国家经济建设和科技事业发展的需要，立足于国际学科发展的前沿，开展大分子结构与功能关系和分子生物学及基因表达调控的基础理论和应用基础的研究，将现代生物工程新技术、新方法应用于农业和医药生产。

（王政芳）

热带作物生物技术国家重点实验室

（State Key Lab of Tropical Crops Biotechnology）

实验室建于1988年，1990年底建成并通过国家验收，依托于中国热带农业科学院。实验室主任由郑学勤担任，学术委员会主任由陈章良担任。

研究方向包括：以热带作物为主要研究对象，推进分子生物学和基因工程研究水平，结合细胞工程和种质基因资源，发挥热带作物生物技术整体特色，使分子水平、细胞水平与整体水平有机地结合起来，不断提高热带作物高科技学术水平，并探索发掘潜在的实用价值。

在天然橡胶配套生物技术的研究方面，橡胶和热带作物种质资源主要性状鉴定评价，通过细胞学、同工酶、形态学等研究，从理论上分析阐明了亚马孙河上游蕴藏着丰富的野生橡胶种质变异类型，鉴定出一批高耐寒、高抗病、多乳管系等优异种质，为发展橡胶生物技术和选育提供了主要基础材料，该项工作获1992年国家科技进步三等奖；在抗病毒基因工程研究方面，对番木瓜环斑病毒外壳蛋白基因克隆及对番木瓜的转化研究，初步解决了抗病毒基因分离和获得转目的基因植株两大难题，具有良好的应用前景，该项工作获1994年海南省科技进步二等奖。

（王政芳）

农业生物技术国家重点实验室（State Key Lab of Agricultural Biotechnology）

该实验室建于1987年10月，1990年11月建成并通过国家验收，依托于中国农业大学。实验室主任由陈永福担任，学术委员会

主任是李季伦。

实验室从事重要农作物、家畜和农业微生物的生物技术应用基础研究和理论研究。研究方向包括：1. 植物领域为植物有用基因的克隆，玉米的遗传转化研究，植物分子病毒学研究；2. 动物领域为表达载体的构建，转基因方法的研究，基因定位研究，转基因动物生产；3. 微生物领域为玉米联合固氮，微生物次生代谢产物的研制。

近年来，在“利用黄瓜花叶病毒外壳蛋白基因提高番茄抗病毒能力”研究方面，将黄瓜花叶病毒外壳蛋白基因通过农杆菌介导法转化番茄获得的转基因番茄植株及其后代，经室内及田间测定，对病毒及其相关株系表现出较高水平的抗性，并在生产上获得应用，该成果获1994 年国家教委科技进步一等奖；在“九种主要花卉病毒的检疫技术及其应用”研究方面，建立了我国主要花卉病毒检测、脱毒技术体系以及无毒花卉生产过程工厂化模型，该项成果推广应用收到了良好的经济效益，并获得1992 年农业部科学进步二等奖；在其他的主要研究领域也取得了较大的进展。

（王政芳）

新药研究国家重点实验室 (State Key Lab of New Medicine Research)

该实验室建于1990 年，依托于中国科学院上海药物研究所，是利用世界银行贷款建设的。现任实验室主任为胡国渊，学术委员会主任为陈凯先。

实验室的主要发展方向是：创新药物基础性研究。以我国特有的中草药和天然产物为主要研究对象，综合运用化学和生物学两大学科的最新理论和实验技术，研究发现可能开发成为新药的先导化合物，并开展相关的基础理论研究。主要研究内容有：1. 生物活性天然产物化学研究；2. 新药筛选及药理学研究；3. 新药体外毒性研究；4. 计算机辅助药物分子设计的研究。

实验室自成立后，获得发明专利10 多项，获国家级和省部级奖10 多项，特别是抗癌新药 sobuzoxane 的发明，对恶性淋巴肉瘤、成人T 细胞白血病具有明显的疗效，该药1994 年进入日本市场，并被列入当年在全世界上市的48 种新化学实体，该药的抗癌活性体二氧代哌嗪类化合物已先后在16 个国家获得发明专利；新型杀虫剂溴菊酯是我国首创的新型杀虫剂，它除具有氟氰菊酯杀虫作用外，在较低浓度下，也有很强的杀螨作用，而且对人畜的毒性低，该研究成果获1995 年国家发明二等奖；口服二巯基丁二酸的发明解决了螯合剂口服无效的问题，经美国FDA 批准进入美国市场，该成果1991 年获国家科技进步二等奖。

（王政芳）

医学遗传学国家重点实验室 (State Key Lab of Medical Genetics)

该实验室1991 年底建成并通过国家验收，依托于湖南医科大学。实验室主任由邓汉湘担任，学术委员会主任由夏家辉担任。

实验室的学科发展目标为开展医学遗传学的基础及应用基础研究。采用现代细胞遗传学、分子细胞遗传学和分子遗传学技术相结合的手段，研究某些遗传病的遗传基础及其发病机制，达到诊断、预防和治疗某些遗传病的目的。

在科研工作中，在“人类高分辨率染色体显微切割、PCR、微克隆、探针池技术及应用”的研究中，他们将当代细胞遗传学显带技术与分子遗传学PCR 技术结合起来，解决了在染色体特异区带定向克隆DNA 技术难题，该研究独创的由24 个核苷酸组成的引物

及由10个核苷酸组成的连接体进行PCR的方法，提高了用该法构建DNA文库的完整性，因此他们构建的24个染色体探针池在国际上得到了广泛的应用，该成果获1994年国家科技进步二等奖。实验室还建立了“中国人类染色体异常目录及其数据库”，该成果获1994年国家科技进步二等奖。

（王政芳）

实验血液学国家重点实验室（State Key Lab of Experimental Hematology）

该实验室于1988年由国家计委投资建设，1991年建成并通过国家的验收，依托于中国医学科学院血液学研究所。

学科发展方向包括：造血细胞和免疫细胞生长发育的调控；造血细胞和免疫细胞的恶性转化及恶性表型逆转规律；血液病发病机制和诊断治疗新方法的研究。阐明造血细胞和免疫细胞的生长发育、变异及其调控的规律和血液病的发病机制，为血液病的诊断治疗提供新的理论基础、新的治疗策略、技术和方法。

实验室具有显著特色的成果有：“M-CSF样膜相关因子MAF-J6-1的接触性调节作用”获1995年卫生部科技进步二等奖，“国产HI系统单克隆抗体白血病免疫分型诊断试剂盒研制”获1994年天津市科技进步二等奖等。

（王政芳）

计划生育药具国家重点实验室（State Key Lab of Contraceptives and Devices Research）

该实验室1990年经国家计委批准建设，1992年建成并通过国家验收，依托于上海计划生育科学研究所。实验室主任为李惠庭，学术委员会主任为龚岳亭。

研究方向包括：根据近代生殖生物学研究进展状况，运用现代药物化学合成方法和药理、毒理学研究手段，发展对靶器官特异性较强的药物和含生物活性物质的器具，对避孕方法的安全性、有效性和可接受性进行系统研究。

研制成功的若干计划生育新型药具中，抗早孕新药米非司酮获1993年国家科技进步二等奖；长效避孕埋植剂获1992年国家计生委科技进步二等奖；同时，这两项成果已成功地转化为工业生产，年产值达上亿人民币，创造了极大的社会效益和经济效益。实验室在开展应用研究的同时，也注重开展与计划生育药具研究密切相关的生殖免疫、生殖生理等应用基础及理论研究。

（王政芳）

植物病虫害生物学国家重点实验室（State Key Lab of Plant Pest Biology）

该实验室建于1988年12月，1992年建成并通过国家验收，依托于中国农业科学院植物保护研究所。实验室主任为何礼远，学术委员会主任为郭予元。

研究方向包括：植物病虫害防治的基础生物学研究，重要农作物与病原菌和害虫之间相互关系的研究，发展生物技术及其他现代生物学技术等高新技术在植物保护中的应用，开拓控制病虫害流行传播、为害的新技术体系，以达到防治病虫害最佳经济、社会和生态效益，使农业生态环境呈良性循环。

这些年来，该室获得了高水平的科研成果，其中“综合应用生物技术创造抗黄矮病普通小麦新种质”获1995年国家发明二等奖；“棉花红蜘蛛系列研究及河南棉虫综合治理示范”获1993年国家科技进步二等奖；“几种重要病原真菌的原生质体培养与遗传转化”获1994年农业部科技进步二等奖；此外，

还获得多项国家和省部委成果奖。

（王政芳）

生物防治国家重点实验室（State Key Lab of Biocontrol）

该实验室建于1989年，1992年11月建成并通过国家验收，依托于中山大学。实验室主任由庞义担任。

该实验室主要从事热带、亚热带农、林、卫生害虫的生物防治研究；昆虫病原微生物及其基因工程的研究和应用；昆虫天敌重要种类的生物学、生态学及应用研究；作物—害虫—天敌系统的系统分析、数学模拟、最优管理对策的研究。

（王政芳）

医学分子生物学国家重点实验室（State Key Lab of Medical Molecular Biology）

该实验室是国家计委1992年投资建设的，1993年建成并通过国家验收，依托于中国医学科学院基础医学研究所。

医学分子生物学是一门研究人体在正常和疾病状态下，生物大分子的结构与功能及其相互作用规律的科学。实验室主要研究方向包括：1. 与重大疾病（心脑血管病和遗传病等）及细胞生物功能（神经、免疫、生殖、发育等）有关的蛋白质及其基因的功能与表达的研究；2. 与重大疾病及细胞生物功能有关的基因表达调控机制的研究。

由该实验室主持的“特异性精子膜蛋白的结构功能及基因克隆表达”取得重大进展，获1995年国家自然科学奖二等奖，该项成果为今后解开精子膜蛋白的结构与功能，为应用我国自己发现的cDNA构建新型的抗生育疫苗，开创我国自己的道路奠定了坚实基础；在基因表达调控机制研究中，“珠蛋白基因小片段红系增强子及关键部位的发现与转E珠蛋白基因鼠模型”获1995年国家自然科学奖四等奖，为认识人类基因表达调控的复杂性提供了新概念和新思路。

（王政芳）

中国科学院国家基因研究中心（National Center for Gene Research，CAS）

国家科委根据我国的国情和未来农业发展的需要，于1992年8月21日向国际宣布了我国“水稻基因组计划”的实施，并事先委托中国科学院在上海成立中科院国家基因研究中心。

国家基因研究中心成立于1992年6月，1993年开始正式运转。基因中心挂靠在中国科学院上海分院，实行计划单列，按国际先进模式，实行机构和人员精悍、高效、流动、开放的运行机制。为了使该项研究与地方科研有机地结合起来，促进地方科研并加快基因中心自身的建设和研究步伐，中国科学院决定与上海市共建该中心，并于1995年8月与上海市政府正式签订了共建“基因中心”的协议书。该中心的建设规模为70人左右，其中固定编制33人（研究技术人员29人，管理人员4人），流动人员约40人（包括国内外客座研究人员、博士后、研究生等）。中心主任是洪国藩。设置图谱组、测序组、基因研究组、基因信息组以及综合办公室。

基因组研究是当今国际上新兴的生命科学研究的前沿领域，也是该中心的研究方向。该中心目前研究重点是作出水稻基因组物理全图、测定基因组DNA序列和找出农业上与理论上重要的基因，为在理论上揭示植物生命奥秘和实践上培育出高产、优质、抗逆的水稻新品种做出贡献。

在国家科委、中国科学院和上海市的大力支持下，基因中心全体人员经过三年多顽强拼搏，同时还得到英国Sanger中心科学家

的大力帮助，于1996年6月在国际上构建成功水稻基因组第一张BAC指纹物理图。1997年初到1998年中，基因中心建立了基因组大规模测序所需的技术和解读DNA的大型计算机体系。1998年下半年开始大规模测序。1998年2月在日本筑波正式成立由中国、日本、美国、英国和法国等国组成的水稻基因组测序委员会，会议决定，委员国间共享所获得的研究成果，会上确定由我国测定水稻第4号染色体。

（林志春　洪国藩）

计划生育生殖生物学国家重点实验室

(State Key Lab of Reproductive Biology)

该实验室依托于中国科学院动物研究所，于1985年由张致一创办和领导，从比较生殖生物学角度探讨生殖调控规律，解决动物和人类的不育问题。1989年由国家计划生育委员会主持国家重点实验室招标论证，1991年开始建设，1993年底建成并通过国家验收。现任实验室主任为祝诚。

实验室研究方向包括：从细胞和分子水平探讨生殖调控的基本规律，侧重研究胚泡着床过程中与早期胚胎发育和着床有关的信息活性物质——蛋白质和肽类的分离纯化、鉴定及其生理功能，以及胚泡和分子内膜的相互识别机制，同时对妊娠早期滋养层组织发育和分化的调控机理、配子成熟和排放、受精机理、黄体萎缩机理以及神经内分泌和有关分子的基因工程进行深入研究，由此探索控制生育的新途径和新方法。

该室在文昌鱼生殖内分泌系统的演化研究方面处于国际领先地位；在大熊猫的生理生殖研究方面成绩卓著，如大熊猫双胞胎育幼研究、大熊猫人工繁殖的研究分别获1993年和1995年国家科学技术进步二等奖；在性腺细胞和分子生物学研究方面，首先发现卵巢颗粒细胞所合成的孕酮可为邻近的膜细胞利用转化为雄激素；而膜细胞合成的雄激素由于被颗粒细胞用来转化为雌激素，从而扩大和完善了国际上提出的“两种卵巢细胞，两种促性腺激素”的学说；在国际上首次提出在激素诱导排卵过程中，tPA和PAI-1基因在时间和空间上的协调表达导致tPA峰值的出现，引起卵泡破裂（排卵）这一概念，并被广泛引用。

（王政芳）

农业虫害综合治理研究国家重点实验室（State Key Lab of Research on Integrated Pest Control）

该室利用世界银行贷款，由中国科学院重点资助建立，依托于中国科学院动物研究所。创始人是马世骏。1991年3月开始利用贷款，1993年10月建成并通过国家计委验收，正式向国内外开放。设置学科点有：动物学、生态学和毒理学。现任实验室主任是李典谟，学术委员会主任是孙儒泳。

学科主要发展方向为：开展害虫害鼠生物学基础研究，以害虫害鼠种群动态及生理、生态学为基础，重点研究害虫与植物相互作用和协同进化，昆虫与鼠类的行为生态学、昆虫抗药性、害虫害鼠防治的生物技术及虫害防治的系统生态学，为虫鼠害综合治理提供理论依据。通过研究虫鼠害发生规律和成灾机理，提出综合治理的新策略、新途径、新技术和新方法。

该室在害虫害鼠理论研究和实际应用两个方面取得了突出成果，其中草原蝗虫生态学研究阐明了蝗虫群落动态与放牧的关系，首次提出了利用控制放牧强度和利用蝗虫种群间关系来控制优势种蝗虫成灾的理论和方法，其研究方法、重要概念和研究结果被国内外同行广泛应用和借鉴，获1997年中国科

学院自然科学奖一等奖；在棉铃虫的研究中，提出了“全面统一综合防治”的技术体系和对策，创造了巨大的经济和社会效益，该工作获1996年中国科学院科技进步一等奖；在农牧业害鼠研究中，首次提出竞争性繁殖干扰新概念，丰富和发展了害鼠不育控制理论，开创了草原鼠害生态理论的新途径。

（王政芳）

作物遗传改良国家重点实验室（State Key Lab of Crop Genetic Improvement）

该实验室前身是农业部作物遗传育种重点实验室，1992年经国家计委投资建设，经过近三年的努力，于1994年底建成并通过国家验收，依托于武汉华中理工大学。实验室主任由谢岳峰担任，学术委员会主任由刘后利担任。

学科发展方向为：在加强对作物遗传改良的基础研究和应用基础研究的同时，注重应用研究，分别从分子水平、细胞水平、个体水平和群体水平的不同层次研究探讨作物的遗传行为及其品种改良。

实验室在西藏大麦的遗传多样性研究、水稻杂种优势的分子基础、水稻基因图谱制作、作物有益基因定位、柑橘种间属间细胞融合、油菜波里马雄性不育系的研究与利用、光敏核雄性不育系的研究与利用以及玉米的雄性不育系的研究与利用、棉花抗虫性遗传育种等方面，取得了一系列国际先进或国内先进的科研成果。

（王政芳）

医学神经生物学国家重点实验室（State Key Lab of Medical Neurobiology）

医学神经生物学国家重点实验室于1992年1月由国家计委正式批准筹建，1994年底通过国家验收，依托于上海医科大学。实验室主任为姚泰教授，学术委员会主任为曹小定教授。

实验室主要进行疾病防治中有关神经生物学的应用基础研究。包括：1. 急、慢性脑损害性疾病的防治及其机制的研究；2. 持久紧张焦虑等所致心血管病的中枢神经系统整合机制的研究；3. 痛觉调制及针刺镇痛的分子生物学机制研究；4. 神经—内分泌—免疫网络相互关系的研究；5. 神经发育、移植及再生研究。

实验室在针刺镇痛机理的揭示及针麻在临床的应用、中枢神经髓鞘形成及脱髓鞘机理的体外培养研究、视前区的内阿片肽对去甲肾上腺素活动的调制、一些神经肽和介质在脑血流调节和脑缺血中的作用等方面取得了有我国特色并处于世界领先地位的成果。

（王政芳）

核医学国家重点实验室（State Key Lab of Nuclear Medicine）

该实验室建于1993年，1995年12月建成并通过国家验收，正式向国内外开放。实验室依托于江苏省原子医学研究所。主任由张满达担任。主要学术方向包括实验核医学、临床医学和核药学的应用基础研究。

（王政芳）

医药生物技术国家重点实验室（State Key Lab of Medicobiotechnology）

该实验室建于1990年，1995年11月建成并通过国家验收，依托于南京大学。实验室主任由华子春担任。

实验室主要从事用分子生物学、现代生物化学方法研究多肽药物的基因工程、蛋白质工程及其相关重要技术的应用基础研究。

（王政芳）

干旱农业生态国家重点实验室 (State Key Lab of Drought Agriculture Ecology)

该实验室1992年投资建设，1995年12月建成并通过国家验收,依托于兰州大学。实验室主任由陈家宽担任。

实验室主要从事理论生态学研究。主要研究内容有:生物竞争理论,进化生态学,植物繁殖及生活史对策理论,异质种群动态,生态系统稳定性。

(王政芳)

植物细胞与染色体工程国家重点实验室 (State Key Lab of Plant Cell and Chromosome Engineering)

该实验室是1989年由李振声和胡含倡议并筹建的,1991年开始利用世界银行贷款进行建设，依托于中国科学院遗传研究所。1995年建成并通过国家验收。现任实验室主任为王道文，学术委员会主任为李振声。

实验室根据国际上植物科学研究的现状和发展趋势，从我国农业发展需要出发，结合研究室研究基础与战略定位，研究重要农作物经济性状遗传变异、基因与基因重组功能，为农作物超高产育种提供理论基础与实践材料;探索植物细胞与染色体工程新体系，寻找利用优异外源基因的最佳途径，并创造出对农作物改良有重要意义的种质资源。

实验室建立以来,突出的研究成果有:小麦花粉无性系变异机制与配子类型的重组与表达规律研究获1997年国家自然科学奖二等奖；开创了小麦营养育种理论与应用基础研究新领域；发现了磷高效基因，阐明了其生理生化机制和遗传基础，研究成果属国内外首创，受到国外高度评价；发展了用于小麦外源基因检测的RFLP和STS等分子标记技术，达到了国内领先水平，其中部分技术达到国际先进水平；鉴定和培育了小麦蓝粒单体4种,抗锈病、白粉病或抗黄矮病小麦易位系多个，不仅达到国际先进水平，而且还有重要的应用价值。

(王政芳)

微生物资源前期开发国家重点实验室 (State Key Lab of Microbial Resources)

该实验室1991年利用世界银行贷款正式启动建设，依托于中国科学院微生物研究所。1995年建成并通过国家计委的验收。现任实验室主任为周培瑾，学术委员会主任为李伦。

研究方向为:在进行微生物资源收集、研究的同时，以服务国民经济和促进生物技术自主发展为目标，以传统方法和现代技术相结合，通过对我国微生物资源的调查研究和分离收集，加强对微生物代谢产物和功能潜力的前期开发，发掘具有实际应用前景的微生物资源。

实验室从创建至今，在国内外刊物发表了一批论文，其中专著5部，申请发明专利8项,获发明授权1项,微生物发酵生产十五碳二元酸的新工艺获1997年中国科学院发明一等奖,科学数据库及其信息系统获1997年中国科学院科技进步一等奖。

(王政芳)

生化工程国家重点实验室 (State Key Lab of Biochemistry Engineering)

在郭慕孙、陈家镛倡导下，1988年组建了生化工程国家重点实验室，依托于中国科学院化工冶金所。1995年建成并通过国家计委验收。现任实验室主任为苏志国，学术委员会主任为杨胜利。

实验室进行生化反应、生化分离、生化控制、生化系统工程的应用基础研究，开拓了动植物细胞培养、海洋生化工程、生物转

化等研究领域，抓住了农业、人口与健康、资源等战略性问题，重点研究上述领域生物技术规模化、产业化中的反应、传递、分离、纯化和工程放大方法和原理等。

该实验室按破乳的新思路，研制出新型高效的青霉素萃取破乳剂系列产品，已占领了全国80%的市场；提出了高分子伴随式生化分离新工艺，大幅度提高了蛋白质的提取收率和纯度；用分段多次结晶新工艺制备羟基磷灰石，质量优于国外同类产品；发明了流态化成型干燥新技术、新设备及双水相法制备微载体技术，在国内居于领先水平，部分达到国际先进水平。

该实验室具有较强的成果转化能力。大型气升式双流反应器用于300 m^2 规模的味精和衣康酸生产；气升式振荡环流反应器用于二步发酵生产甘油，达到国际先进水平，并为国家创造了上亿元的经济效益。

（王政芳）

发酵工程国家重点实验室（State Key Lab of Fermentation Engineering）

该实验室依托于山东大学。主要从事生物资源、发酵过程调控、发酵产品研制、分子生物技术等方面的研究。

（王政芳）

动物园（Zoo）

动物园是指管理和展览野生动物的机构。其特点：一、拥有和饲养管理多种野生动物群体，比在野外更容易观察和研究野生动物。二、在一年的全部或大部分时间内向公众展出全部或一定比例的活动物，有别于大多数博物馆或其他文化和娱乐场所，显示自身的独特性。

野生动物分布于世界各地，或生活十分隐蔽，对世界大多数人有着极大的吸引力。在古代，人类就有活动物的圈养历史。1765年维也纳的香布鲁恩宫动物园向公众开放，这是现代意义上的第一个动物园。随后欧美各国先后成立了现代动物园。中国第一家现代动物园，是1908年向公众开放的“万牲园”，1955年定名为北京动物园。目前中国有170家动物园，展出动物包括哺乳类、鸟类、爬行类、两栖类乃至各种无脊椎动物，种类从10多种到600多种，占地从1 ha到200多ha，特别是20世纪90年代兴起的野生或半野生动物园，其占地面积大大超过一般动物园。

动物园是普及动物学知识，进行生物多样性保护宣传教育的最好场所。全世界约有1 000多个动物园，参观人数达6亿，中国参观人数超过1.4亿，其教育面非常广泛，尤其是儿童与青少年。

动物园在生物多样性的物种保护中发挥着重要作用。世界动物园中饲养脊椎动物100万只，其中中国有7万只以上。如野生麋鹿在中国已经绝灭，正是由于英国乌邦寺公园等对中国麋鹿的迁地保护，使得今天在北京、江苏、湖北等地仍能看到数百头麋鹿。这是迁地保护变为就地保护的最好例子。

动物园是动物科学知识的重要贡献者，科研工作以前偏重于形态学、分类学、解剖学等方面的研究，现在随着科学技术的进步，在细胞学、胚胎学、遗传学、分子生物学和行为学等方面开展了深入的研究，在野生动物饲养、繁育和疾病防治方面取得很大进展，如树袋熊、朱鹮、猎豹的饲养繁殖以及大熊猫的繁殖、人工哺育都有所突破。世界上有3 000多种脊椎动物在动物园得到繁殖，中国动物园能繁殖的脊椎动物已超过200种。近年来利用人工授精、胚胎移植和克隆技术，进一步提高了珍稀濒危物种的繁殖率。

世界动物园出版刊物主要有《世界动物园》年刊，各大动物园也都有自己的刊物和

论文集，如《中国动物园》年刊、《北京动物园》年刊等。

今后动物园将从一般牢笼式向开放式发展，并不断改善环境，扩大健全动物种群，发展重点已不在展出动物的数量而转至大力繁殖珍稀动物，使动物园逐渐成为野生动物保护中心。

参考文献

《中国大百科全书·生物卷》，北京：中国大百科全书出版社，1991。

世界动物园组织（IUDZG）、世界保护联盟物种保存委员会饲养繁殖专家组（IUCN/SSC）著，中国动物园协会编译：《世界动物园保护策略》。

（廖国新）

中国植物园（Botanical Garden in China）

近代植物园具有供作植物学研究、保护植物、普及植物学知识和参观游览园地的多种职能。植物园的中心任务是进行植物的广泛收集、引种、栽培驯化和迁地保护。随着科学技术的发展，它在保护、开发、利用植物资源方面已发挥出越来越重要的作用。近若干年来，植物园日益重视保护植物的多样性及种质资源，为珍稀、濒危植物提供了“避难所”，特别是拯救那些在科学上和经济上具有重要意义的植物，从而为人类社会经济发展和生存环境的改善做出了积极贡献。据统计，现在全世界有1 600多个植物园。

中国是一个植物种类丰富的国家，生长着3万多种高等植物。几千年前所建的“神农”药圃，被认为是世界上最早的植物园的雏形。然而，以现代植物学理论与方法为指导建立植物园，仅开始于20世纪二三十年代，但规模都较小，人力、财力缺乏，至新中国成立前夕，为数不多的几个植物园已到了难以维持的地步。新中国成立后，在政府支持下，植物园事业得以发展，现在已建立植物园120个，分布于各省市区。这些植物园已引种高等植物23 000多种，其中属于中国区系成分的有13 000种以上，对保护中国植物种质资源起到了重要作用。中国很多植物园都根据自己的地理环境及植物区系特色，建立了各具特色的景观。例如中国科学院华南植物所建立了木兰科、姜科、苏铁科专类植物园；昆明植物园建立了杜鹃花科、山茶科植物专类园；西双版纳植物园建立了龙脑香科、肉豆蔻科植物专类园；武汉植物园建立了竹科、水生植物、猕猴桃等专类园；庐山植物园和中山植物园建立了松柏园等，在国内外都具有影响，并与国际上广泛合作及交流。

（王　晨）

淡水鱼类博物馆（Museum of Freshwater Fishes）

淡水鱼类博物馆在方炳文、伍献文、刘建康、陈宜瑜、曹文宣等的领导下，经过几代人的努力，该馆已发展成为一所国内外享有较高声誉的淡水鱼类博物馆。目前馆内收藏的中国淡水鱼类标本近千种，其中包括模式标本约260种，共有标本40万号左右；另有国外35个国家和地区的鱼类标本约600种，以及数百种海产水生动物、两栖爬行动物、水生哺乳动物等标本。目前该馆是亚洲最大的鱼类标本馆，并以鲤形目类群最齐全、标本数量最丰富、地理分布最广泛为其特色，已成为研究中国和东亚淡水鱼类的中心之一。

20世纪20年代末，方炳文、伍献文、常麟定等学者相继从法国等地学成回国，与国内的动物学界先辈秉志先生等发起筹建自然博物馆。1930年3月，我国鱼类博物馆的前身——中央研究院国立自然博物馆正式成

立，馆址设于江苏省南京市。1934年，随着科研人员的增加，改名为中央研究院生物研究所；1935年又易名为动植物研究所。抗战爆发后，1937年内迁至湖南长沙、衡山；1938年迁至广西阳朔；1939年迁至四川重庆北碚。1946年东迁至上海，并接收日伪建立的上海自然科学研究所鱼类标本馆。1950年中国科学院成立，正式命名为中国科学院水生生物研究所淡水鱼类标本室。1953年海洋研究所成立带走部分海洋生物标本，淡水部分随所本部迁至湖北省武汉市武昌珞珈山。1990年更名为淡水鱼类博物馆至今。

（陈　炜）

自然保护区、生态系统定位研究站

(Nature Reserves and Ecosystem Research Stations)

我国自然保护区的建设始于1956年。自然保护区的建设和管理是自然资源、自然环境和生物多样性保护的重要手段和有效措施，已日益受到人们的重视。由于我国人口多，环境保护意识薄弱，加上多年来不合理及掠夺式的开发利用，加大了对自然环境及资源的破坏。目前我国的森林覆盖率只有13.7%，大气、水污染严重，水土流失，土地沙化，这些进一步加剧了生物物种的灭绝速度。为了进一步控制上述问题，我国除加大治理度外，对一些具有原始状态或具有保护意义的地区、生态系统类型及珍稀、濒危、特有物种、古老物种设立了保护区。至1997年底，全国共设立保护区932个(未包括香港和台湾)，约占陆域国土面积的7.07%。其中列为国家级自然保护区的有124个，被正式批准加入世界生物圈保护网络的有14个。

我国自然保护区分布于热带、亚热带、暖温带、温带和寒温带。在高度分布上，范围从地球最高的珠穆朗玛峰到东海之滨。

我国地域辽阔,生态系统类型丰富复杂，根据景观不同，生态系统自然保护区被分为5种类型,即森林生态系统、草原与草甸生态系统、荒漠生态系统、内陆湿地与水域生态系统、海洋与海岸生态系统。还有根据物种就地保护的需要，自20世纪60年代起，相继建立了284个野生生物类型自然保护区。建立专门保护大熊猫的自然保护区16个、鹤自然保护区20个、天鹅保护区10多个，另外还有亚洲象、东北虎、华南虎、坡鹿、白鳍豚、羚羊、扬子鳄、儒艮等保护区。保护的野生植物有珙桐、银杉、金花茶、苏铁、百山祖冷杉、银杏和木本蕨类植物桫椤等。

我国自然保护区由林业局、农业部、国家海洋局、国家环保总局、国土资源部、中国科学院多个部门分别设立和管理。

生态系统定位研究站建立的目的是：按统一规程对我国主要类型农田、森林、草地、湖泊和海湾的重要生态过程及水分、土壤、大气等环境因子进行长期监测，全面深入地研究我国主要类型生态系统的结构、功能和动态特征及优化管理的方法和途径，为有关地区提供高产、高效、多功能和可持续发展的优化管理经营示范样板及科学对策。同时，通过长期的定点研究，为生态学理论研究积累资料。多年来，中国科学院、农业部、林业局等部门根据各自的需要，已建立了165个长期定位研究站或野外观测实验站，其中中国科学院建立了112个，农业部建立了42个，林业局建立了11个。中国科学院选择了29个代表农田、森林、草地、湖泊和海湾生态系统类型的定位研究站，建立了“中国科学院生态研究网络”。农业部建立了“土壤改良、培肥和肥料效益试验监测网”和“农业环境监测网络系统”。这些野外定位研究站或监测站将为我国生态环境研究、保护和可持续发展做出更大贡献。

参考文献

MAB:《自然保护区与生态旅游》,北京:中国科技出版社,1998。

《中国生物多样性国情研究报告》编写组:《中国生物多样性国情研究报告》,北京:中国环境科学出版社,1998。

(王　晨)

鼎湖山自然保护区 (Dinghu Mountain Nature Reserve)

鼎湖山自然保护区建于1956年,是中国最早建成的保护区,位于广东省肇庆市。海拔14.1～1 000.3 m,面积1 155 ha。主要保护对象为南亚热带季风常绿阔叶林森林生态系统及宗教文化历史。1979年被纳入联合国教科文世界生物圈保护区网络。该区地处热带北缘和亚热带南缘,属于季风湿润型气候,雨量充沛,夏秋高温多雨,冬无冰雪稍干旱。森林植被以季风常绿阔叶林为主,森林覆盖率达78.7%,区内有高等植物2 500余种,其中濒危植物,例如木本蕨类植物桫椤、观光木、格木等达22种,有优良用材树种320多种,药用植物千余种,园林绿化观赏植物340种,还有其他经济植物数百种。保护区丰富多样的植物资源为动物的生存提供了栖息和繁衍环境。区内昆虫和鸟类种类十分丰富,已鉴定的昆虫有900种,鸟类178种,兽类38种,爬行类20多种。属国家保护的哺乳动物有苏门羚、穿山甲、小灵猫等15种。历史上还有华南虎的记载。根据研究工作的需要,1956年建立树木园,1979年建立了森林生态定位研究站。自然保护区自建立以来,一直将科研、自然保护相结合,进行了长期、深入系统的定位研究,并取得了显著成就。保护区实行了园、区、站一体化的管理体制。

鼎湖山自然保护区不仅是一个生物种质资源的保存基地,而且对自然保护、生态系统研究和维护生态平衡以及国际合作与交流、生态旅游、科学普及教育、培训和宗教文化活动等各方面均具有重要价值。

参考文献

中国人与生物圈国家委员会编著:《绿色的希望——中国的生物圈保护区》,北京:科学普及出版社,1998。

(王　晨)

西双版纳自然保护区 (Xishuangbanna Nature Reserve)

西双版纳自然保护区建于1958年,1986年晋升为国家级自然保护区,1994年纳入联合国教科文组织世界生物圈保护区网络。保护对象为原始热带雨林森林生态系统和野生亚洲大象等珍稀物种。位于云南省西双版纳州景洪、勐腊、勐海县境内,面积达241 776 ha,海拔477～2 429 m。

西双版纳自然保护区素有自然多样性和文化多样性共存的“热带之乡”美誉,生存着丰富多彩的热带、亚热带动、植物资源,同时也居住着十多个民族的居民。区内有高等植物4 000余种,其中列为国家重点保护的植物有56种。植物区系中含有较多古老属及单型属和寡型属,残遗植物、珍稀濒危种类达343种,其中有木本蕨类植物桫椤、大叶木兰等热带孑遗植物35种、特有植物153种。热带雨林中有绞杀植物、板根、老茎生花、巨大藤萝、热带花卉和白蚁洞穴等热带景观。有各种动物2 100余种,其中哺乳动物102种、鸟类427种、昆虫1 437种,被列为国家重点保护的有亚洲象等36种。

在西双版纳保护区内,最具有民族特色的、且带有一定神秘色彩及宗教色彩的龙山,其总面积达50 000 ha,共400多处,有效地保

护了大自然。

西双版纳自然保护区以其独特的自然景观、丰富的生物多样性和民族多样性而闻名于世。现已成为科研、教学、培训基地和传统知识与现代技术融于一体的示范地和生态旅游的热点地区，吸引着无数国内外科学家及旅游观光者，每年接待海内外游客150多万人次。

参考文献

中国人与生物圈国家委员会编著:《绿色的希望——中国的生物圈保护区》,北京:科学普及出版社,1998。

（王　晨）

四川卧龙自然保护区 (Wolong Nature Reserve in Sichuan Province)

四川卧龙自然保护区建于1963年，1975年晋升为国家级自然保护区，1979年纳入联合国教科文组织世界生物圈保护区网络。它位于四川汶川县，海拔1 200～6 250 m，面积达200 000 ha。主要保护对象为大熊猫等珍稀物种和山地森林生态系统，有“熊猫之乡”之称。保护区属于亚热带季风气候向青藏高原气候过渡型，水热条件的垂直分异孕育了丰富多彩的植物种类，区内有植物4 000余种。有起源古老、形成超过600 ha优势群落的珙桐、水青树、连香树、四川红杉等国家级重点保护的珍稀濒危植物24种，兽类103种，鸟类281种，昆虫达1 700余种。闻名遐迩的大熊猫约百只左右，还有金丝猴、扭角羚、白唇鹿等57种国家一、二级保护动物。

闻名的“五一棚”是我国第一个系统观察和研究大熊猫的科研基地。1980年与WWF达成合作协议，建立了世界上第一个“世界保护大熊猫研究中心”，开展了人工饲养、繁殖、育幼、疾病防治、行为生态学研究。自1995年以来，连续6年共繁殖大熊猫11胎16仔，成活11仔，1995年创出冬季产仔的世界奇迹。

卧龙自然保护区辖两个藏族乡，农业人口约5 000人，是中国惟一作为特别行政区管理的保护区，受林业部和四川省政府双重领导。目前已形成了以保护为核心，科研为重点，农、林、牧、企、旅游各业有机结合、协调发展的格局。

参考文献

中国人与生物圈国家委员会编著:《绿色的希望——中国的生物圈保护区》,北京:科学普及出版社,1998。

（王　晨）

长白山森林生态系统定位研究站 (Changbai Mountain Research Station of Forest Ecosystem)

1978年8月，中国科学院在西宁市召开了陆地生态系统科研工作会议。根据会议精神，沈阳应用生态所（原林业土壤研究所）负责筹备组建长白山森林生态系统定位研究站的工作。1979年经批准正式成立，由王战担任首任站长。

长白山森林生态系统定位站位于长白山北坡，北纬42°24′，东经128°28′，海拔736 m。由于特殊的自然条件和历史、社会原因，长白山成为我国乃至全球自然生态系统保存最完整的地区之一，具有保存尚好的亚洲东部典型的山地森林系统，成为驰名中外的森林生态学研究基地。

长白山站的研究方向为：揭示温带森林生态系统的结构、功能及其动态规律，阐明人类活动和环境变化对森林生态系统的影响，探索森林资源合理经营模式和持续发展的有效途径。自建站以来，在基础研究和应

用研究方面已取得多项成果。其中“阔叶红松林演替与更新数学模型”、“生产潜力与土地承载网络试验研究”、“森林水文功能与模拟研究”、“树木越冬伤害机制的研究”等都获得中国科学院自然科学奖。迄今为止，长白山站共完成专著5 部，发表论文400 余篇，培养硕士研究生35 人，博士研究生10 人。长白山站自建站以来，已与20 多个国家的科研机构建立了学术交流及合作研究的关系。(长白山站供稿)

（王　晨）

武夷山自然保护区（Wuyi Mountain Nature Reserve）

武夷山自然保护区1979 年经国务院批准成立。它位于福建省西北部，介于北纬27°33′～27°54′，东经117°27′～117°51′之间。北与江西省接壤，面积达56 527 ha，平均海拔1 200 m。1987 年纳入联合国教科文组织世界生物圈保护区网络。

武夷山自然保护区是中国东南大陆现存面积最大、保存最完整的中亚热带森林生态系统。植物区系处于泛北极植物区系亚洲东部森林植物亚区的南缘，接近热带植物区印度—马来西亚北缘。

武夷山自然保护区生物资源丰富，据统计，高等植物达2 400 余种，低等植物达800余种，其中列入国家重点保护的珍稀植物有26 种，资源植物513 种。野生脊椎动物470 余种、鸟类250 余种、昆虫3 000 余种，其中属国家重点保护的有黄腹角雉、金猫、黑麂及中国特有种金斑喙凤蝶等 56 种。

武夷山自然保护区内居住着2 500 多户(个) 村民，保护区管理局从保护与发展的实际需要出发，采取“局—所—哨卡”和“局—所—村”两线三级管理体制。为了解决好区内村民的生产和生活，遂发展毛竹和茶叶生产及深加工，提高村民收入。通过10 多年的努力，保护区不仅增强了自身的经济实力和管理水平，同时促进了当地社区的经济发展，成为保护与发展协调一致的示范地之一。保护区内开展了一系列科学研究。国际合作交流活动也取得了重要成果。1995 年成为实施全球环境基金中国自然保护区管理项目的5 个保护区之一。

（王　晨）

安徽省扬子鳄繁殖研究中心

(Reproductive and Research Center of Chinese Alligator in Anhui Province)

扬子鳄是我国特有的珍稀动物，它源于2 亿年前的中生代，与恐龙同出一祖。当时分布于长江中下游地区，种群庞大。由于人类活动的干扰，生态环境的破坏，其分布地区逐渐缩小，种群数量在不断减少，至20 世纪70 年代末，总数已不足500 条，零星散布于皖东、南部分市县。为了拯救这一物种，1979 年1 月安徽省在宣州市建立了安徽省扬子鳄养殖场。1983 年3 月原林业部和安徽省政府联合扩建，成立了安徽省扬子鳄繁殖研究中心，隶属于安徽省林业厅。

安徽省扬子鳄繁殖研究中心，位于宣州市南郊夏渡林区，面积达100 ha，目前鳄数已达8 000余条，且已具备年1 500～2 000 条的繁殖能力。自中心成立以来，对扬子鳄生殖生物学、饲养技术开展了多年研究。例如，中心从事的“扬子鳄人工繁殖、饲养技术的研究”曾获林业部科技进步二等奖。1992 年3 月国际鳄类组织批准人工繁殖的子二代扬子鳄可以投入国际贸易。因为有了较好的研究基础，扬子鳄开发利用工作已经起步，皮肉开发进展良好。

中心不仅对扬子鳄物种保护、开发进行研究，增加了种群数量，而且其建立对古生

物、古地理、古气候的研究也具有重大意义。(安徽省扬子鳄繁殖研究中心供稿)

(王　晨)

中国微生物菌种保藏管理委员会 (China Culture Collections Committee of Microbial)

1979 年，中华人民共和国科学技术委员会组织成立中国微生物菌种保藏管理委员会(CCCCM)，主任由方心芳担任。委员会下设七个专业性保藏中心，包括中国科学院的中国普通微生物菌种保藏中心（CGMCC)、中国农业科学院的中国农业微生物菌种保藏中心（ACCC)、轻工业总会的中国工业微生物菌种保藏中心(CICC)、卫生部的中国医学微生物菌种保藏中心（CMCC)、国家医药管理局的中国抗生素微生物菌种保藏中心(CACC)、农业部的中国兽医微生物菌种保藏中心(CVCC)和林业科学院的中国林业微生物菌种保藏中心（CFCC)。

七个中心中规模最大的中国普通微生物菌种保藏中心，其前身为1951 年成立的中国科学院菌种保藏委员会，是我国第一个微生物菌种保藏机构；1985 年被国家专利局指定为用于专利程序的微生物的保藏单位；1995 年被世界知识产权组织批准作为布达佩斯条约国际保藏单位。目前该中心主要采用超低温冻结和真空冷冻干燥保藏等方法，长期保藏细菌、放线菌、酵母菌、丝状真菌等各类微生物菌种12 000 余株，以及来自国内外用于专利程序的各类微生物培养物 400 余株。中心的主要工作包括：广泛分离、收集、保藏、鉴定、交换和供应各类微生物菌种；承担保存用于专利程序的微生物培养物任务；研究微生物菌种的保藏技术；研究微生物的分类；收集和提供保藏菌种的资料情报；编辑微生物菌种目录。

40 多年来，保藏中心为我国的微生物学和生物技术的研究发展，为国家经济建设提供了数十万株各类微生物菌种，发挥了重要作用，产生了巨大的社会效益和经济效益，同时为我国专利制度的建设和知识产权的保护做了大量的服务工作。

(娄治平)

中国科学院上海生命科学研究院马普客座实验室 (The Max-Planck Guest Laboratory of Shanghai Institute for Biological Sciences, Chinese Academy of Sciences)

由原中国科学院上海细胞生物学研究所原所长庄孝僡和德国图宾根发育生物学研究所所长施瓦茨共同倡议，在中国科学院和德国马普学会共同支持下，1985 年在原中国科学院上海细胞生物学研究所内成立了“马普客座实验室”。该实验室为中德双方研究人员提供了一个进行科学交流、开展联合研究和共同培养研究生的场地。实验室成立初期，中德双方以互访进行学术交流为主要形式。随着合作的进一步深入，中德双方除了开展联合研究工作外，德方经常派科技人员来上海举办一系列生物学前沿领域的讲习班和技术培训班，参加的对象主要是来自中国科学院系统各生物学研究所及上海高校和研究单位的研究生和年轻科技人员，并且保持至今，讲习班和培训班始终是免费的。通过讲习班和培训班，研究生和年轻科技人员不仅从德国科学家那里了解到国际上生物学前沿领域的最新发展状况，而且学到了最新的实验技术。

1994 年客座实验室上述的合作扩大到了欧盟其他国家的大学和研究机构，学员扩大到第三世界国家。比较重要的如法国国家科研中心（CNRS）于1996 年10 月在马普客座实验室举办了为期两周的学术讨论会，参

加的有中国、法国、德国、意大利等国的科学家。1997 年4 月由中德双方牵头举办了为期两周，面向第三世界国家科技人员（包括中国青年科学家和研究生）的国际膜片钳技术培训班。

为了使马普客座实验室在对外合作与交流中起更大的示范作用，跨越传统的人员往来的合作格局，能够充分利用这一良好的中德国际合作，为发展我国的科学事业做出贡献，1994 年，中国科学院和德国马普学会开始了新一轮的更强有力的合作计划，以马普客座实验室为基础，由中德双方共同出资，先后建立两个马普青年科学家小组。每个青年科学家小组为期五年，目的是为中国培养高水平的学科带头人。青年科学家小组组长在国家政策允许的前提下，有独立的科研活动、人事、经费使用决定权。由中国、德国和美国七位著名生物学家组成的国际委员会具体负责青年科学家小组组长的遴选和学术评估工作。通过在 *Nature*、*Science* 以及英文版《中国日报》和《中国科学报》（海外版）上刊登广告，公开招聘，从众多候选人中遴选出两名留学美国多年的年轻的中国学者为第一轮马普青年科学家小组组长。

2000 年第一届马普青年科学家小组的一个组长任期已满，另一个任期即将届满。通过五年的努力，他们都做出了很出色的科研工作，同时也为他们将来的进一步发展打好了良好基础。第二轮马普青年科学家小组计划在2001 年初正式运行。

（裴　钢　甘荣兴）

国家自然科学基金委员会生命科学部

（Department of Life Science, Natural Science Foundation of China）

生命科学部是国家自然科学基金委员会（简称NSFC）的一个科学部，其体制、任务、主要职责、经费来源、资助方向和范围都服从国家自然科学基金委员会。

1986 年初国家自然科学基金委员会成立。其体制由科学家和管理专家组成，不设实体，只设职能机构，实行聘任制；另设顾问委员会，对科学发展和资助方向等重大问题提供咨询，实行任期制。其任务是：根据国家发展科学技术的方针，有效地运用科学基金指导协调和资助基础性研究，发现和培养人才；促进科学技术进步，推动社会发展。主要职责是：制定和发布申请指南，面向全国，科技工作者均可按规定申请，予以受理，组织评议，择优资助；对国家的基础性研究提供咨询；开展国际交流和国际合作。委员会下设数理、化学、生物、地球、工程、材料及信息六个学部和管理学科组。由于科学发展的需要，1996 年将管理学科组升格为管理科学部。

生物科学部是自然科学基金委员会规模最大的一个科学部，覆盖了基础生物学、农学和医学。因此，于1989 年易名为生命科学部。科学部由一名基金委的副主任负责，聘任学部主任担任，任期三年，连任不超过两届；副主任2～3 人，由委内在编人员担任。人员编制占全委的1/10，但受理的申请和资助项目的数量占全委的1/3 以上。下设11 个学科机构，含18 个学科评审组（如表9），每个学科都有自己的专家系统，包括同行专家和学科评审组专家。同行专家不固定，根据申请书内容聘请；学科评审组专家实行聘任制，每届任期三年，连续任职不超过两届。按照项目申请指南，其项目类型分为面上项目（含自由申请、青年基金和地区基金项目）、重点项目和重大项目三个层次。此外根据需要设立专项基金，如农业倾斜、新农药医药、中医中药等基金，由相应的学科负责受理、评议、资助和管理。全学部的新概念、新构思

探索项目统一由遗传学学科负责受理、评议、资助和管理。杰出人才基金对学科的发展、学科带头人培养和国际合作起到了推动作用。国际合作项目促进了国际合作和交流。

生命科学部同中国科学院生物学部、中国科学院上海文献情报中心合办了《生命科学》，报道生命科学领域的研究动态、进展、综述和评述等文章。

（王钦南）

表9　生命科学部的学科机构和学科设置

领域	学科机构	学科（评审组）
基础生物学	植物学、微生物学	1. 微生物学
		2. 植物学
	动物学、生态学	3. 动物学
		4. 生态学
	生化与分子生物学、生物物理与生物医学工程学	5. 生物化学、分子生物学
		6. 生物物理、生物医学工程学
	神经科学、生理学、病理学	7. 神经科学、心理学
		8. 生理学、病理学
	细胞生物学、遗传学	9. 细胞生物学、发育生物学
		10. 遗传学
农学	农学	11. 农药学
	林学、牧医、水产学	12. 林业科学
		13. 畜牧、兽医、水产学
医学	预防医学、免疫学	14. 预防医学
		15. 免疫学
	临床医学基础	16. 临床医学基础
	药理药物学	17. 药物学、药理学
	中医中药学	18. 中医学、中药学

麋鹿自然保护区（*Elaphurus davidianus* Nature Reserve）

麋鹿，它的角像鹿，面像马，尾像驴，蹄像牛，俗称“四象”或“四不象”。按《中国濒危动物红皮书》记载，麋鹿化石主要分布在中国，也见于朝鲜和日本。据《本草纲目》称：麋脂治恶疮死肌，麋肉益气补中，麋角大益阳道，麋骨令人肥白、美颜色。其“貌老还少”之功不仅受历代名医和帝王的青睐，也被大量利用。野生麋鹿可能早在1 000多年前即已灭绝。至19 世纪末尚有200～300 只圈养在皇家猎场内，1894 年永定河泛滥，洪水冲破皇家猎场围墙，部分麋鹿失散。1900 年八国联军入侵，部分麋鹿被掠到欧洲，余下全部失散。后英国乌邦寺拥有了世界上仅有的18 只麋鹿，目前全世界总数2 000多只麋鹿均为它们繁衍的后代。从学术上来看，英国客观上对这个物种起到了迁地保护的作用。

麋鹿引回中国是在国家环保总局、国家林业部、中国科学院、北京自然博物馆及英国友人共同努力下完成的。首批22 只由英国乌邦寺重新引回是在1985 年8 月，除2 只雌鹿由上海动物园饲养外，其余20 只放回北京南海子原皇家鹿苑旧址。1987 年又引进18 只。至1988 年繁殖到53 只，1994 年时总数已达300 只左右，并进行选址准备野外放养。1993 年10 月与12 月分两批64 只迁至湖北石首天鹅洲，成立了麋鹿自然保护区。第二批又由英国引回39 只，于1986 年8 月放养于江

苏大丰县境内，建立了大丰麋鹿自然保护区，1994 年发展为191 只。目前麋鹿在自然保护区内总数达700 只以上，开始进入放生野外的阶段。

国际上有关野生动物迁地保护后再回归大自然的成功的例子还不多。麋鹿回归大自然的可能成功，不但对麋鹿的保护及今后的持续利用具有深远意义，并可能成为人类与自然协调发展的一个范例。

（钱迎倩）

陕西朱鹮保护观察站（Observation Station for Conservation of *Nipponia nippon* in Shanxi Province）

朱鹮（又称朱鹭）是种珍贵涉禽，为当今世界上最濒危的鸟类之一。历史上曾广泛分布于中国、日本、朝鲜半岛和俄罗斯东部。20 世纪50 年代以来，由于其栖息地环境逐渐恶化，数量急剧减少，在1960 年召开的第十二届国际鸟类保护会议上被确定为“国际保护鸟”。

中国自20 世纪60 年代以后，近20 年未见朱鹮踪影，一度认为它已灭绝。1981 年5 月中国科学院动物研究所刘荫增在陕西洋县发现了7 只野生朱鹮，使中国成为目前世界上惟一有野外种群分布的国家。

1986 年在原林业部的支持下，陕西省政府在洋县成立了“陕西朱鹮保护观察站”。该站已成为我国朱鹮监测、抢救、饲养、研究和宣传的专业机构。

陕西朱鹮保护观察站位于陕西省洋县，北依秦岭，南靠巴山。朱鹮野生种群生活在东经 107°17′～107°44′，北纬 33°35′～33°8′之间。

自中国发现了朱鹮以来，各级政府和社会各界对朱鹮非常关注。至1998 年底统计，野生种群达67 只，洋县饲养场有52 只（含送日本2 只），北京动物园17 只，我国现共有朱鹮136 只。

（王　晨）

基因库和细胞库（Gene Bank and Cell Bank）

基因库　基因库筹建于1988 年，挂靠中国科学院上海生物工程研究中心，主任由陈常庆担任，1992 年通过验收后开始启用。1996 年中国科学院典型培养物保藏委员会成立，基因库为其成员之一。作为一个旨在促进科研、教学和生产发展的非盈利性社会服务机构，基因库主要任务是收集和保藏各种生物来源与人工构建的基因、基因元件、载体、基因组、宿主细胞和工程细胞株等，目前已保存基因及基因元件400 多个。此外，也开展有关基因资源保藏新技术的研究，比较几种不同保存方法，建立长期保存的最佳方案，还对已开展的人类基因组计划提供人基因资源的收集和保存技术研究，这对发展我国生物技术、某些疾病的治疗、经济动植物的开发利用都有重要意义。

细胞库　“七五”期间中国科学院在上海细胞生物学研究所筹建中国科学院细胞库，主任由葛锡锐担任，1991 年经中国科学院验收后正式启用。1996 年中国科学院典型培养物保藏委员会成立，细胞库为其成员之一。主要工作包括收集、开发以及保藏我国和世界的人和动物的细胞株（系）资源，现已收藏各类细胞约240 株；研究并发展细胞培养、保藏、质量控制、分发的新技术；面向全国，为我国生命科学和生物技术领域的研究工作及产业化提供标准化的细胞株（系）及相关的服务。

（娄治平）

中华博物学会（Natural Science Association of China）

中华博物学会的前身中华博物研究会成立于1914年2月4日，会部在上海，1922年改为中华博物学会。1913年春，上海、江苏的一些博物学会工作者为了促进博物学在中国的发展，倡议成立中华博物研究会。经一年努力，联络了在国内外有志于博物学工作的人员40多人，于1914年2月4日，借寒假之期在南京教育会举行中华博物研究会成立大会。会上通过了研究会简章，确定了会务方针。

博物研究会的宗旨是“发明全国之博物区系，增进学识，改良教材，发达实业”。研究会除会长一人外，设植物、动物、生理卫生和博物4部，每部各有主任一人。会长袁希涛，副会长吴家熙煦、陈宝泉。研究会的工作设想包括联络全国学界，出版杂志，制作标本，刊行书籍，筹办博物藏书楼（图书馆）、标本陈列所、植物园、动物园、博物院、中华博物学校及传习所。该会是民间组织，全部经费来源于会员交纳的入会费、常年会费和捐款，由于会员不多，经费短缺，上述计划除了出版《博物学杂志》外，大多落空。中华博物学会与《博物学杂志》是中国最早的与生物学有关的学会与刊物，为普及生物学知识、促进生物学在我国的发展做出了贡献。

（薛攀皋）

中国科学社（Science Society of China）

中国科学社是私人组织的学术团体，成立于1915年10月25日。它对促进中国近现代科学发展有深远的影响。

1914年夏，第一次世界大战爆发前夕，在美国康奈尔大学的几名中国留学生提出，中国所缺的莫过于科学，不如办一种杂志向国人介绍科学。要发行科学杂志，就必须组织科学社。《科学》杂志出版后，社中人觉得要谋中国科学发达，仅办杂志还不够，因而提出改组科学社，由胡明复、邹秉文、任鸿隽起草中国科学社社章。1915年10月25日全体社员表决通过社章，中国科学社成立。该社在海外成立3年后迁回祖国。1919年，政府拨给南京市成贤街文德里官房一所为中国科学社社址。1928年，总社迁往上海亚尔培路（现陕西南路）235号。

中国科学社的宗旨是：联络同志，研究学术，以求中国科学的发达。

它的重要活动及组织结构为社员、社务和办事机构。1.1914年只有35人社员，到1949年达3 776人。2. 社务，按社章规定有发行杂志，著译科学书籍，编订科学名词，举行学术讲座普及科学知识，设立图书馆、研究所、博物馆，组织科学旅行团，进行实地科学调查研究，受公私机关委托，研究解决科学问题等9项。3. 办事机构有：董事会与理事会；各地分社与社友会；学股，每一社员分属一个专门学股，1919年设有农林、医药、化工、土木工程、机械工程、电工、矿冶、理算、化学、生物、生计等学股。

科学社的经常费用来源于社员交纳的入社费及常年费，社员、个人或团体的捐款以及事业费的收入；永久基金则来自永久会员交纳的会费及向社外募集的捐款。

科学社的经常活动有年会、讲演、展览、参加国内教育活动和参加国际科学会议。还办有出版物、明复图书馆、生物研究所、中国科学图书仪器公司，设立或代管几种奖金等。1. 出版物主要有5种：《科学》月刊、《科学画报》、《论文专刊》、《科学丛书》和《科学译丛》。前两种在中国最具影响力。2. 明复图书馆1929年建于上海陕西南路，自订国外科学杂志140余种。3. 生物研究所成立于1922年，是中国第一个专业的生物学研究

机构。4. 中国科学图书仪器公司设立于1929年，从事出版及科学仪器制造，为科学界人士所称道。5. 由该社设立或代管的7 种奖金，用于鼓励青年科学工作者的研究工作。1960年5 月4 日，上海市科协接收后，中国科学社宣告结束。

（薛攀皋）

北京博物学会（Peking Society of Natural History）

北京博物学会成立于1925 年9 月。它是由当时在北平的部分中外地质学和生物学工作者创办的学术团体，按老概念把生物学与地质学置于博物学名下。

学会宗旨意在提倡博物学研究，激发一般社会人士对于博物学的兴趣，并为在北平的中外人士提供切磋博物学研究的场所。不但专业学者可为会员，就是对博物学有兴趣的普通人士也可以参加。学会创办者声称对当时已有的地质学会、中国科学社、人种学及解剖学会、采矿及冶金协会和学术机关、团体的工作，该会不予重复或侵犯。

当时入会者仅35 人，投票选出魏尔特(Wilder) 为会长，翁文灏、金叔初为副会长，祁天锡(Gee) 为书记兼会计；还选举葛利普、李顺卿、谭熙鸿、钟观光、布拉克(Black) 和林可胜6 人为评议员。会址设在协和医学院。每月第二个星期的星期日下午在该校举行一次通俗讲会。办有《北京博物学杂志》（外文）。

（薛攀皋）

中国生理学会（Chinese Society of Physiology）

中国生理学会是中国科学技术协会下属的全国性、学术性，且具有公益性的法人社会团体。由著名生理学家林可胜发起，吴宪等人附议，1926 年2 月在北平协和医学院成立。现挂靠在卫生部，由中华医学会代管。1980 年加入国际生理科学联合会，1990 年加入亚太地区生理学会联合会。学会自成立以来，共产生了20 届理事长，分别由著名生理学家担任，现任理事长为杨雄里。学会下设的学术组织有：神经科学、血液循环、呼吸、肾脏生理、消化内分泌、生殖代谢生理、比较生理、应用生理、中医生理学等。学会工作机构有：学术工作委员会、科普工作委员会、教育工作委员会、青年工作委员会、组织工作组、外事工作组、开发和仪器工作组、张锡钧基金工作组。学会期刊有：《生理科学进展》、《生理学报》、《应用生理学杂志》、《生理通讯》。

（王　晨）

中国古生物学会（Chinese Society of Paleobiology）

中国古生物学会是中国科学技术协会下属的全国性的古生物学科技工作者自愿结合并依法登记成立，具有公益性和科学性的法人社会团体。挂靠在中国科学院古生物研究所。由孙云铸、杨钟健等发起，1929 年8 月31 日在北平中信堂成立。现有会员2 400名。下设孢粉学、微体古生物、古植物学、古脊椎动物学4 个分会，包括化石藻类、腕足动物、珊瑚、头足类、双壳类、甲壳类、腹足类、有孔类、牙形类等14 个学科组和昆明、湘粤桂、川藏、上海、浙江、西安、东北7 个地方学组。学术期刊有《古生物学》。1997 年7月加入了国际古生物学会。学会自成立以来，举办了多次学术活动，特别是1987 年8 月在北京召开的“第十一次国际石炭纪地层和地质大会”，是我国召开的第一次规模较大的国际地质科学讨论会，与会402 人，其中外宾182 人，这次会议不仅宣传了我国在该领域

的科学成果，扩大了在国际科学界的影响，而且使该会在国际古生物学界更享有一定的盛誉。

（王　晨）

中国植物学会（Chinese Society of Botany）

中国植物学会是中国科学技术协会下属的全国性植物学界群众团体，挂靠在中国科学院植物研究所。由我国著名植物学家胡先骕、辛树帜、李继侗、张景钺、钱崇澍、陈焕镛、林镕等19 人于1933 年8 月发起成立。至今共产生12 届理事会，理事长分别由钱崇澍、胡先骕、陈焕镛、戴方澜、张景钺、汤佩松、王伏雄、张新时、匡廷云担任。现有会员13 000 余人。下设8 个专业委员会：植物分类与系统进化、植物细胞生物学、植物化学及资源学、植物生态学、植物生理及分子生物学、苔藓植物学、药用植物及中药。还有4 个二级分会：古植物学分会、植物园分会、苏铁分会和兰花分会。学术期刊有《植物分类学》、《植物学报告》、《植物学报》、《植物生态学报》、《植物杂志》。

植物学会自成立以来，积极开展学术活动，交流科研成果和教学经验，普及植物学基础知识，培养植物学人才。特别在培养植物学后备人才方面成就突出。学会坚持从青少年抓起，组织他们参加国际奥林匹克比赛，提高广大青少年对植物学的兴趣。

（王　晨）

中华海产生物学会（Marine Biological Association of China）

海产生物在经济上和学术上都有很大价值。1930 年7 月14 日～8 月19 日，厦门大学校长林文庆和动物学系主任陈子英发起并组织了厦门生物暑期研究会。研究会进行期间酝酿在厦门成立中华海产生物学会。学会以研究海产生物及推广海产生物知识为宗旨。研究会结束后，以通信方式选出了中华海产生物学会1930～1931 年度的会长、职员，以及第一届暑期海产生物调查工作计划。第一届暑期海产生物调查工作于1931 年7 月6～31 日在厦门举行。厦门大学提供住宿和采集调查用的汽船，动物、植物两系的实验室与图书室向各地来厦的会员开放使用。与会的生物学家除进行4 次集体采集和4 次全体讨论会外，每日分头单独进行采集，所得标本甚丰。这次活动结束时，议定以通信方式通过正式会章；选出1931～1932 年度的学会会长与职员；通过下一届暑期海产生物调查工作计划以及出版《中华海产生物学会年刊》细则。以后，每年在厦门举行一次暑期海产生物调查工作，出版一期学会年刊，同时以通信方式选出下年度的学会会长与职员。生物学家胡经甫、陈纳逊、王家楫等先后任过会长。海产生物学会的活动深受生物学家的欢迎，并得到中华教育文化基金会的资助。

（薛攀皋）

中国动物学会（Chinese Society of Zoology）

中国动物学会是中国动物学界科技工作者的群众性团体，中国科学技术协会下属的全国性协会，挂靠在中国科学院动物研究所。该学会由秉志为代表的30 多位中国著名生物学家发起，1934 年在江西庐山莲花峪创立。自学会成立以来共产生过14 届理事会，理事长依次由秉志、胡经甫、辛树帜、陈桢、王家楫、朱元鼎、李汝祺、贝时璋、郑作新、张致一、钱燕文、宋大祥和陈大元担任。学会下设13 个专业委员会和6 个工作委员会。专业委员会有鱼类、鸟类、兽类、两栖爬行动物、原生动物学、贝类、甲壳动物、寄生

虫学、蛛形学、发育生物学、比较内分泌学、生殖生物学、显微与亚显微形态科学。工作委员会有学术与期刊工作委员会、动物名词审定委员会、科普工作委员会、教学工作委员会、咨询与开发委员会、组织委员会。目前，已拥有10 000多名会员，是国内最大学会之一。多年来，举办专题学术会议，交换刊物，普及动物科学知识，促进了国内外动物学机构和动物学家之间的友谊和合作，也为我国动物学界做出了巨大贡献。为达到学术之间的广泛交流，学会还创办了6种刊物：《动物学报》、《动物分类学报》、《兽类学报》、《寄生虫与医学昆虫学报》、《动物学杂志》、《生物学通报》。（动物志办公室供稿）

（薛攀皋）

中国昆虫学会（Chinese Society of Entomology）

中国昆虫学会是中国科学技术协会下属的全国性昆虫学界群众团体，挂靠在中国科学院动物研究所。由张巨伯、邹钟琳、邹树文、吴福桢、刘崇乐、陈世骧等30余人发起。1944年10月在重庆成立，命名为中华昆虫会。1949年由张巨伯、朱弘复、胡经甫、吴福桢、蔡邦华、刘崇乐、冯兰洲等16人组织中华昆虫学会改组筹委会。1950年2月改名为中国昆虫学会。学会共产生6届理事会，理事长依次为冯兰洲、陈世骧、朱弘复、钦俊德、张广学。共有会员11 000多人。下设有11个专业委员会和7个工作委员会，分别是昆虫分类区系、医学昆虫、昆虫生理生化、昆虫生态、药剂毒理、生物防治、农业昆虫、林业昆虫、资源昆虫、城市昆虫、蜱螨学专业委员会，科学普及、编辑出版、科学咨询开发、国际学术交流、财务基金、组织、青年工作委员会。拥有学术期刊《昆虫学报》、《中国昆虫科学》（英文版）、《昆虫知识》、《动物分类学报》、《寄生虫与医学昆虫学报》。

1984年、1994年分别召开了学会成立40周年、50周年庆祝大会暨学术讨论会，表彰从事昆虫工作40年以上的科学家，1992年还成功地在我国举办了第19届国际昆虫学大会，促进了国际昆虫学界的学术交流。多年来，学会组织拍摄科技电影18部，社会效益十分显著。

（王 晨）

中国海洋湖沼学会（Chinese Society of Oceanology and Limnology）

中国海洋湖沼学会是全国海洋湖沼科技工作者的群众性团体，是中国科学技术协会下属的全国性学会，挂靠中国科学院海洋研究所。由秉农山、朱树屏、王以康等17人发起，1950年1月在上海、北京同时召开成立大会，1950年8月归并北京。1955年7月会址迁往青岛。自1951年8月第一届理事会成立，共产生8届理事会，理事长依次为孙云铸、张玺、曾呈奎、刘瑞玉、秦蕴珊、胡敦欣。现有会员7 000多人。下设15个专业委员会和9个地方学会，15个专业委员会为藻类学、鱼类学、水文气象学、海洋河口、风暴潮及海啸、水环境、化学、生态学、地质学、海洋遥感、甲壳动物学、贝类学、潮汐与海平面、药物学、计算海洋物理。9个地方学会分别设在山东青岛、上海、山东、广东、浙江、湖北、江苏、福建、江苏连云港。学会现有刊物《海洋与湖沼》、《海洋与湖沼学报》、《湖泊科学》、*Chinese Oceanology And Limnology*。

该学会于1984年加入设在加拿大的海洋研究科学委员会（SCOR）和亚洲水产学会（AFS）。学会广泛开展多学科、多领域学术活动，促进科技与经济相结合，1993年、1995年分别召开了“全国人工养殖对虾疾病综合

防治和环境管理学术研讨会”，提出“关于加强虾病及其控制的建议”和“关于1994年养虾生产的几点建议”、“关于近期发展我国养虾生产的几点建议”，对我国的虾病防治和养虾生产具有重要指导意义。

（王　晨）

中国微生物学会（Chinese Society of Microbiology）

中国微生物学会是中国科学技术协会下属的微生物学科技工作者的群众性团体，挂靠在中国科学院微生物研究所，现有会员1万余人，其中1/10为国际会员。由汤飞凡、谢少文、方心芳等人组织发起。1952年12月在北京成立。学会共产生6届理事会，理事长依次由汤飞凡、余贺、朱既明、焦瑞身、李季伦、闻玉梅担任。其下设16个专业委员会：普通微生物学、工业微生物学、农业微生物学、医学微生物与免疫学、兽类微生物学、真菌学、病毒学、人兽共患疾病病原学、酿造学、分子微生物学与生物工程、生物制品、分析微生物学、酶工程、生物技术过程模拟化与控制学。学会主办的刊物有：《微生物学报》、《微生物学通报》、《真菌学报》、《生物工程学报》、《中国酿造》、《中国人畜共患病杂志》、《病毒学报》、《微生物学会通讯》。1980年12月加入国际微生物学会联合会（IUMS）。

（王　晨）

中国植物生理学会（Chinese Society of Plant Physiology）

中国植物生理学会原是中国植物学会的分会，1962年罗宗洛、汤佩松、殷宏章、罗士韦、娄成后等12名植物生理学家提议成立全国性植物生理学会，经中国科协同意，于1963年10月正式成立，挂靠中国科学院上海植物生理研究所，是中国科协下属的全国性学会。学会共产生7届理事会，理事长依次由罗宗洛、殷宏章、沈允钢、许智宏、汤章城担任。学会下设植物生长物质、代谢储藏生理、光合固氮、细胞生理组织培养、发育运输、营养生理、环境生理、植物分子生物学等专业学术组织。主办的刊物有：《植物生理学报》（季刊）、《植物生理学通讯》（双月刊）。1990年3月加入国际植物生理学会。

（王　晨）

中国遗传学会（Chinese Society of Genetics）

全国自然科学规划会议及遗传规划座谈会于1977年在北京召开，与会者童第周、李汝祺、祖德明、谈家桢、胡含、施履吉、徐冠仁、许运天、李继耕、吴鹤龄、钟志雄、邵其全、黄鸿枢、万宗熙、李竟雄、鲍文奎、奚元龄、薛禹谷、邓炎堂等，在会议期间酝酿成立中国遗传学会，1978年3月在北京召开了发起人会议，草拟了“成立中国遗传学会倡议书”，并召开两次筹备组会议。1978年5月经中国科协批准，是年10月在南京召开代表大会，中国遗传学会正式成立。属于中国科协领导下的全国性学会，挂靠中国科学院遗传研究所。学会先后产生了6届理事会，理事长依次由李汝祺、谈家桢、李振声、赵寿元担任。现有会员8 000余人。下设植物遗传、动物遗传、微生物遗传、人类遗传等学术组织。主办的刊物有：《遗传学报》（双月刊）、《遗传杂志》（双月刊）、《激光生物学》（季刊）。1998年举办了第十届国际遗传学大会，促进了国际遗传学界的学术交流。

（王　晨）

中国生态学会（Chinese Society of Ecology）

中国生态学会成立于1979年12月，是中

国科协下属的全国性学会，挂靠在中国科学院动物所，现有会员近5 000 名。学会的主要发起人有马世骏、侯学煜、阳含熙、林昌善、熊毅、王战、曲仲湘、林英、吴中伦、刘建康、梁中宇、夏武平、朱靖、陈昌笃等。1979 年初由马世骏等人进行筹备，1979 年6 月由中国科协批准，是年12 月在昆明召开了学会成立大会。学会共产生了5 届理事会，理事长依次由马世骏、孙儒泳、陈昌笃、王祖望等担任。学会成立起，就制订了宗旨和任务，用以规范会员的行为和指导学会的工作。学会下设10 个专业委员会和4 个工作委员会。专业委员会有：数学生态、海洋生态、农业生态、城市生态、微生物生态、化学生态、动物生态、景观生态、种群生态、红树林生态；工作委员会有：咨询委员会、青年工作委员会、科普委员会、教育委员会。学会主办的刊物有：《生态学报》、《生态学杂志》、《应用生态学报》、《中国生态学学会通讯》。

（王　晨）

中国生物化学与分子生物学会 (Chinese Society of Biochemistry and Molecular Biology)

中国生物化学与分子生物学会原名中国生物化学会，由林国镐、郑集、万昕等人联名倡议，1948 年成立，林国镐任理事长。1950 年停止活动。1962 年王应睐、曹天钦、邹承鲁等18 人倡议成立生物化学会，中国科协曾同意筹备，因“文化大革命”而被搁置。学会恢复活动后，1979 年5 月在第三次全国生物化学学术会议上，正式宣告中国生物化学会成立。1993 年8 月经第六届全国会员代表大会通过，由“生物化学会”改名为“中国生物化学与分子生物学会”，现有会员8 000 多名，集体会员25 个。挂靠中国科学院生物化学所。学会共产生了6 届理事会，理事长依次由王应睐、林其谁、张龙翔、邹承鲁担任。下设3 个专业委员会、9 个专业学术组和7 个工作委员会。专业委员会为：工业生物化学与分子生物学、农业生物化学与分子生物学、医学生物化学与分子生物学；专业学术组为：毒素、脂蛋白、生物膜、多肽、酶、糖复合物、基因、中医生化、植物分子育种。工作委员会为：国际交流、学术交流、组织工作、教育科普、编辑出版、财务、开发。学会主办的刊物有：《生物化学杂志》、《生命的化学》。

（王　晨）

中国细胞生物学会 (Chinese Society of Cell Biology)

中国细胞生物学会是中国科协下属的全国性学会，挂靠中国科学院上海细胞生物所，现有会员1 995人，主要发起人有：庄孝僡、姚鑫、贝时璋、徐风早、罗登、罗士韦、汪堃仁、汪德耀、张作人、郑国錩、吴旻、薛社普等。1979 年7 月召开了第一次筹委会，推选庄孝僡为筹委会主任，罗士韦、姚鑫为副主任。会议讨论了学会章程和发展会员等事宜。1980 年7 月在上海召开成立大会。学会共产生了5 届理事会，理事长依次由庄孝僡、姚鑫、王亚辉担任。1982 年加入国际细胞生物学联合会，参与发起并筹建亚洲及太平洋地区细胞生物学联合会（APOCB)。在1990 年APOCB 成立大会上，姚鑫被推选为第一主席。学会加入了APOCB。学会下设11 个专业委员会：超微结构、细胞生长与分化、癌细胞生物学、细胞生物学教学、细胞化学、染色体、细胞膜、细胞免疫、动物细胞培养和细胞工程、植物细胞培养和细胞工程、原生动物。主办刊物有：《实验生物学报》（季刊)、《细胞生物学杂志》（季刊)。

（王　晨）

中国生物物理学会（Chinese Society of Biophysics）

中国生物物理学会的前身是中国生理学会生物物理专业委员会。随着学科发展和科研队伍的壮大，由贝时璋、邹承鲁、高戈伍、沈淑敏、杨同党、吕克定、林克椿、张人骥、李昆、程极济、梁子钧、秦家楠、刘育民、林政炯等科学家发起，向中国科协建议，成立中国生物物理学会。1979 年11 月14 日经中国科协批准，于1980 年5 月正式成立。学会成立之后，共产生5 届理事会，理事长分别为：贝时璋、梁栋材、王书荣、赵南明。学会挂靠在中科院生物物理所。1984 年加入国际纯粹与应用生物物理学联合会（IUPAB）。学会下设分子生物物理、膜与细胞生物物理、神经生物物理、环境与辐射生物物理、光生物物理、理论生物物理、生物信息论与生物控制论、生物力学与生物流变学、生物物理仪器与实验技术、生物数学、自由基生物学与自由基医学11 个专业委员会。主办刊物有：《生物物理学报》（季刊）、《生物化学与生物物理进展》（双月刊）。

（王 晨）

中国实验动物学会（Chinese Association for Laboratory Animal Sciences）

中国实验动物学会是中国科学技术协会下属的由中国实验动物科技工作者自愿组成的非赢利性的从事实验动物研究的学术性、科普性社会团体。由中国政治协商会议医药组、中国动物学会、中华医学会、中国药理学会等社会团体组成。由吴阶平、钱信忠、沈其震、顾方舟、张致一、陈阅增、卢耀增、钟品仁、刘瑞三等专家发起而成立，1986 年经国家科委批准，于1987 年4 月成立并选举产生第一届理事长，由钱信忠担任。第二、第三届理事长为卢耀增、刘海林。挂靠在中国医学科学院实验动物研究所。学会下设学会工作委员会、学术交流与外事工作委员会、编辑出版教育委员会、科学咨询科技开发财务工作委员会。主办刊物有：《中国实验动物学报》、《中国实验动物学杂志》。

（王 晨）

中国神经科学学会（Chinese Society of Neuroscience）

神经科学是一门已经发展成熟的新兴学科，是当前学术界公认的属于生命科学的学科之一，在我国有较长的历史和良好的基础，并拥有一定水平和规模的神经科学研究队伍。鉴于这种情况，1992 年由著名神经生物学家吴建屏、韩济生、陈宜张三位院士发起成立了全国神经科学学会筹备委员会。筹委会在上海和武汉分别召开了两次会议，讨论了筹备中国神经科学学会的事宜，并由吴建屏、韩济生、陈宜张三位院士起草报告给中国科协，建议成立中国神经科学学会。经中国科协批准，1992 年10 月学会在上海正式成立，挂靠中科院上海脑研究所。目前已有会员1 983名。下设4 个工作委员会和14 个专业委员会，分别是组织、学术、教育、科普4 个工作委员会与神经工程、神经生理、神经解剖、神经药理、神经化学、分子神经生物学、神经免疫、计算神经科学、精神神经、神经病理、神经内分泌、神经外科、神经发育、神经心理14 个专业委员会。主办《中国神经科学杂志 》，现已加入了国际脑研究组织。学会共产生一届理事会，吴建屏任理事长。

（王 晨）

中国生物工程学会（Chinese Society of Biotechnology）

中国生物工程学会是全国性学术团体，

成立于1993年6月7日，创始会员500余人。中国生物工程学会由著名遗传学家谈家桢和国内知名的生物工程学专家莽克强、侯云德、孟广震、翁延年、张树庸、周永春等30余人发起，由中国科学院主持筹建，1993年6月7日在北京举行成立大会暨首届学术讨论会，选举产生了由68人组成的第一届理事会，理事长是谈家桢。

中国生物工程学会的成立，是我国生物工程事业发展的一个里程碑。中国生物工程学会作为我国生物工程学术界的学术团体，致力于团结全国各领域从事生物工程开发、生产经营、科研管理、教学、科学普及、科技信息等方面的科技人员，推进生物工程的发展，加速研究成果向生产转移，促进中国的经济和社会发展，并致力于促进与世界各国以及港、澳、台地区生物工程同行交往和学术交流。在成立后的5年中，中国生物工程学会为实现上述宗旨开展了一系列卓有成效的活动，会员已达千人，团体会员单位近百个。

中国生物工程学会于1997年9月在湖南省张家界举行了第二次代表大会暨学术讨论会，选举产生由80人组成的第二届理事会，学会名誉理事长为谈家桢，理事长为莽克强，秘书长为翁延年。

中国生物工程学会设立医药生物技术专业委员会、农业生物技术专业委员会、轻化工生物技术专业委员会、海洋生物技术专业委员会和学会办公室等工作机构。学会办公室挂靠在中国科学院文献情报中心。

（张树庸）

新中国建立前国内的生物学刊物

(Chinese Biological Periodicals before 1949)

中国近代生物学作为一门独立的学科，从传统的研究动物、植物、地质、矿物等自然历史的科学——博物学中分化出的标志，是东南大学生物学系的成立（1921）和中国科学社生物研究所的诞生。

在1924年以前，中国没有专门的生物学刊物。20世纪第一个十年，在中国本土进行生物调查研究工作的博物学家或由国外留学回来的生物学家的早期调查报告、研究论文在国内主要发表于三种博物学杂志和中国科学社的《科学》月刊（1915）上。这三种博物学刊物是中华博物研究会（中华博物学会）创办的《博物学杂志》（1914）、武昌高等师范学校（现武汉大学前身）博物学会创办的《博物学会杂志》（1918）和北京高等师范学校（现北京师范大学前身）博物学会创办的《博物杂志》（1919）。这些杂志的内容中，地质、矿物所占的比重不到20%，属于生物学的均占80%以上。前后两种刊物分别于1928年和1925年停刊；武昌高师的《博物学会杂志》虽于1924年第6卷起改为《生物学杂志》，但到1926年以后未再继续出版。尽管如此，它们在中国专业的生物学刊物问世前，在促进中国生物学早期的教学、研究与普及知识方面做出了积极贡献。

20世纪20年代中期，相继出现了3种以发表原始报告论文的外文生物学学术刊物。它们是动物学家秉志于1925年创办的《中国科学社生物研究所丛刊》，生理学家林可胜于1927年创办的《中国生理学杂志》以及由私人学术团体北京博物学会出版的《北京博物学杂志》。《生物研究所丛刊》虽以发表分类学、形态学论文为主，但也刊发过遗传学、生理学、营养学等方面的论文。该刊是中国最先问世的生物学学术刊物，与国内外学术团体建立了广泛的交换关系，在国际上有一定影响。太平洋战争爆发后，因经费断源，刊物被迫停刊。《中国生理学杂志》以生理学、生物化学、药理学为主要内容，也包括一部

分植物生理、植物生物化学、细胞生理和胚胎学等方面的研究报告，该刊在国际上声誉甚佳。《北京博物学杂志》以传统的博物学为内容，范围较宽。这两种刊物虽然也受抗日战争和太平洋战争的影响，但复刊较快，并且一直出版到新中国建立。

20 世纪20 年代后期至1937 年7 月日寇发动全面侵华战争前夕，中国近代生物学得到迅速发展，这也是生物学刊物发展的鼎盛时期。1930 年，全国已有24 所大学设立生物学系，教师的研究成果大多发表在有关大学的综合性校刊或理科学报中。一批民办、公办的生物研究机构如雨后春笋纷纷成立。一些与生物学有关的学会也先后诞生。为适应生物学研究工作迅速发展的需要，一大批生物学的中级刊物和学术刊物也应运而生。民办的有《静生生物调查所汇报》（1929～1941)、《中国西部科学院生物研究所丛刊》(1934)、黄海化学工业研究社创办的《黄海发酵与菌学特辑》(双月刊，1939～1951) 等。此外，中央研究院的*Sinensia* (1929～1949) 的中文刊名原为《国立中央研究院自然历史博物馆丛刊》。随着机构的发展，该刊外文刊名不变，中文刊名先改为《国立中央研究院动植物研究所丛刊》，后再改为《国立中央研究院动物研究所丛刊》。*Sinensia* 原为动植物学合刊，动植物所分开后，植物所另行组建新的刊物，从第16 卷至第19 卷，成为纯动物学学术刊物，其内容从原来的分类学、形态学，扩展到实验动物学、海洋湖沼学、鱼类生物学等方面。北平研究院则有《国立北平研究院动物学研究所中文报告丛刊》(1929.7～1937)、《国立北平研究院动物学研究所丛刊》(外文，1932～1937，1948～1949)、《国立北平研究院植物学研究所丛刊》（外文，1931～1937)、《国立北平研究院生理学研究所丛刊》(外文，1934～1937) 与《国立北平研究院生理学研究所中文报告》（1934～1937）等刊物。此外，还有植物学家陈焕镛创办的*Sunyatsenia*，即外文版的《中山大学农林植物研究所专刊》(1930～1948)。

学会创办的刊物有：中国植物学会的《中国植物学杂志》(1934～1937)、《中国植物学汇报》(外文，1935～1937)；中国动物学会的《中国动物学杂志》(1936～1939)；中国实验生物学会的《中国实验生物学报》。

1937 年7 月，日本发动大规模侵华战争，中国的生物学事业受到极大摧残，有的研究所停办，许多研究所数度搬迁，图书资料损失惨重。刊物亦多数停刊，有些虽继续苦撑，但出版均不正常。在大后方困难的条件下，新办的有蔡翘在成都主持出版的《中国生理学会成都分会简报》(英文，1941.6～1945)；汤佩松在昆明编辑出版的打字油印的英文版《生物化学汇报》；蔡希陶等在昆明出版的《云南农林植物研究所丛刊》以及在陕西武功的《中国西北植物调查所丛刊》，为大后方的生物科学工作者提供学术交流园地。

抗日战争胜利后，由于蒋介石发动内战，民不聊生，许多刊物无法复刊。1947 年新创刊的有从原中研动植物所分离出来的《国立中央研究院植物研究所汇报》(外文) 与《国立中央研究植物研究所年报》。

（薛攀皋）

《博物学杂志》（*Journal of Natural Science*）

《博物学杂志》是中华博物学会（中华博物研究会）主办的刊物，创刊于1914 年10 月，吴家煦、吴元涤先后任总编辑。该刊刊登的文章，生物学占82%以上，矿物学文章仅占5%，是中国最早的一种与生物学有关的杂志。

《博物学杂志》的宗旨为：“调查全国物

产及其区系，研究学术、交流知识、改良教材、促进实业。”杂志共有14个栏目，规定每期至少有8个栏目。该刊发表的调查报告和研究论文中，吴家煦的“江苏植物志略”与薛德育的“我国扬子江产淡水水母一新种”都是我国学者在该领域发表的第一篇研究报告。我国植物学先驱者之一的钱崇澍认为这些工作虽有不足之处，但是开启了中国学者独立研究之门。该刊还发表了“中国产普通菊科之属名检索表”（吴续祖，1922），“北京野生植物名录”（彭世芳，1927），“南京植物名录”（吴元涤，1927），“江苏之菊科植物”（郑勉，1928），“五台山及百花山采集植物记”（彭世芳，1928）等。在植物学名词统一方面，博物学会与《博物学杂志》做了有益尝试，刊物曾公布经会议审查通过的1 226个植物学术语和560个植物科目名称，并征求意见。该刊到1928年10月共出版2卷8期。

（薛攀皋）

《科学》(*Science*)

《科学》杂志是中国科学社创办的，为中国近现代最早的关于自然科学研究的综合性月刊。它自1915年1月开始发行，到1950年共出版了32卷。

1914年夏天的一个晚上，在康奈尔大学的中国留学生聚谈会上，留学生们发起创办《科学》月刊，并成立科学社。社员除写稿外，每人每月节省生活费用于印刷杂志。《科学》月刊的发起人有胡达（明复）、赵元任、周仁、秉志、章元善、过探先、金邦正、杨铨、任鸿隽。

《科学》专以阐发科学精义及其效用为主，拒绝一切政治玄谈之作。它传播世界最新科学知识，也期望成为发表中国人自己新知创作的园地。其内容有通论、物质科学及其应用、自然科学及其应用、历史传记、杂俎。其余美术音乐之类虽不在科学范围，然以其关系国民性格至重，又为国人所缺乏，遂附于篇末。

《科学》首先采用旁行上左的编排方式，使西文和方程式可以与汉语正文融合无间，同时使用新式标点符号。这些虽都平淡无奇，但在80多年前却是难得的革新。

《科学》头二三卷以提倡科学效用及解释科学原理为多，四五卷以后渐渐登载国内科学家自己的研究结果。再后，则以英国的*Nature*为样板，注重发表专门研究的著作。随着国内各种专门学会逐渐成立并出版各自的专门杂志，许多专门性质的文章便不在《科学》上发表，所以《科学》上关于普通理论的文章逐步增多。

《科学》注重为有志科学的青年人提供发表研究心得的园地。数学家华罗庚年轻时的第一篇数学论文和第二篇论文“苏家驹之代数的五次方程式解法不能成立的理由”，均在《科学》上发表，受到清华大学熊庆来的注意，并被邀到清华大学工作。《科学》同时是传播国外最新学术思想的媒介。如1921年3月16日第6卷第2期上发表杨铨译的“爱因斯坦相对说”，其原文载于同年2月5日的《科学美国人》。两者相隔仅一月，足见其效率之高。

《科学》销量虽始终未超过3 000份，但国内所有中学以上学校、图书馆、学术机关、职业团体均普遍订阅《科学》，外国学术团体也均重视之。1950年，它与中华全国自然科学学会联合会的机关刊物《自然科学》合并。

（薛攀皋）

《博物学会杂志》(*Journal of Natural History*)

《博物学会杂志》是武昌高等师范学校（后改为武昌师范大学，均为现武汉大学前身）博物学会主办的刊物，创刊于1918年，到

1924年3月共出版5卷15期。发表的文章中，生物学方面的占90%，对普及生物学知识，促进生物学在我国的发展做出了重要贡献。

武昌高师博物学会“以联合同志研究博物学，谋斯学之普及为宗旨”。动物学家薛德育、地理学家竺可桢、植物学家张珽等曾任该刊总编辑或编辑部主任。杂志设图画、论说、实验、讲演、报告、译著、杂纂、质疑、会务等9个栏目。该刊发表的生物学调查研究报告比《博物学杂志》和《博物杂志》多，大多是各地区的首次报告。在植物学方面有：“武昌植物目录”（1918）、“武昌长湖之藻类”（1918）、“广东植物目录”（1918）、“庐山产食肉植物”（1918）、“湖南植物名录”（1920）、“河南植物目录”（1921）等。动物学方面有：“中华产蝶类报告”（1918）、“武昌淡水产鱼类之报告”（1918）、“淡水产水母及桃花水母之旧记载”（1919）、“琼州哺乳动物述要”（1919）等。1924年，该刊改名为《生物学杂志》。

（薛攀皋）

《博物杂志》（*The Magazine of Natural History*）

《博物杂志》为北京高等师范学校（现北京师范大学的前身）博物学会主办的刊物，首期于1919年9月发行，至1925年共出版8期，其中生物学方面的文章超过80%。

《博物杂志》“以阐发博物知识及学理为宗旨”，分图画、论说、演讲、译著、杂纂等栏目。杂志设总编辑1人，由博物部教师担任；另设编辑干部6人，由博物部学生会员中选举产生，任期1年。首任总编为博物部教务主任兼动物学教员陈映璜（仲骧）。该刊发表的主要调查研究报告，植物学方面有：“北京栽培植物俗名之研究”（1918）、“西山大觉寺邻近地区植物种类调查”（1920）、“我国北方五大杂草”（1921）、“西陵附近之植物采集报告”（1924）、“我国产肉食植物”（1921）、“陕西渭川植物志”（1924）等；动物学方面有：“一种粉蝶之报告”（1921）、“北京西山采集昆虫报告”（1922）、“重庆采集报告”（1921）、“金刚钻及其驱除法之研究”（1922）等。该刊介绍国外有关进化论、遗传学和优生学的最新研究成就的文章相当多，这对帮助国内生物学工作者和学生开阔视野有很大帮助。

（薛攀皋）

《中国科学社生物研究所丛刊》（*The Contributions from the Biological Laboratory of Science Society of China*）

该丛刊为中国科学社生物研究所所长秉志于1925年创办的，是当时国内最早的以发表原始调查报告和研究论文的外文版的生物学学术刊物。

丛刊从1925年至1929年是动植物学论文合刊，共出5卷，每卷各5号。1930年第6卷起，分动物学与植物学两个系列分别出版。1942年，生物研究所经费断源，丛刊被迫停止出版。此时，动物学系列出版至第16卷，植物学系列出版至12卷，总共发表论文200余篇。

该刊发表的论文中，有许多在国内有关学科研究中均具有里程碑性质，如陈桢的第一篇有关金鱼遗传变异的论文；张景钺有关蕨茎组织研究的论文；钱崇澍关于黄山、南京钟山植物生态学与地植物学的论文；戴芳澜关于白粉菌的研究成果等。秉志善于奖掖青年，丛刊为许多初入研究之门的青年生物学工作者提供机会。许多后来成名的生物学家的第一篇研究论文，都是在该丛刊发表的，如原生动物学家王家楫、鱼类学家伍献文与张春霖、两栖爬行动物学家张孟闻等。

丛刊与国内外800多个学术机构建立了交换关系，对促进学术交流起了很好作用。英国著名杂志《自然》评价该丛刊说：中国在强敌压境下困难万端，而能产生有价值的科学贡献，是最值得敬重的。

（薛攀皋）

《北京博物学杂志》（*Peking Natural History Bulletin*）

《北京博物学杂志》创刊于1927年，它是一份外文学术刊物，年出一卷，每卷4期。

《北京博物学杂志》是由成立于1925年的北京博物学会主办的。作为传统概念的博物学，它的范围很广，涉及地质、矿产、动物、植物、生理卫生等方面。加上当时中国的生物学刊物除了《中国科学社生物研究所丛刊》和《中国生理学杂志》外，它是仅有的三种学术刊物之一，因而，许多生物学家也向该刊投送研究报告论文。如，该刊创刊号就有动物遗传学家陈桢关于金鱼的变异、进化与遗传的论文。秉志、刘崇乐、童第周、寿振黄、张春霖等也先后在这里发表过论文。

该刊也许与外国学者当会长、主编有关，抗日战争爆发后仍能继续出版发行，未受影响。出版至第16卷后，因太平洋战争爆发而停刊。1948年复刊，至1950年出版至第19卷。

（薛攀皋）

《中国生理学杂志》（*The Chinese Journal of Physiology*）

1926年9月6日，中国生理学会在北平协和医学院举行的第一届年会上，决定出版《中国生理学杂志》，林可胜任责任编辑，用英文发表，每篇附中文摘要，由张锡钧负责。创刊号于1927年1月发行，这是中国的第一本生理学杂志。

从1927年至1937年，《中国生理学杂志》共出版12卷，以其在学术上丰富的内容和优异的质量获得国际生理学界的重视。1937年，林可胜离开协和医学院后，该刊由医学院生理学系代主任张锡钧负责。1941年12月，太平洋战争爆发，该刊出版至第16卷第3期后被迫停刊。协和医学院于1948年复校，在张锡钧努力下，《中国生理学杂志》于同年12月出版第16卷第4期，至1949年北平解放前夕，出版至第17卷第2期。新中国诞生后，该刊于1951年从第18卷第1期起继续出版，1953年12月更名为《生理学报》。

参考文献

陈孟勤：中国生理学会简史，见：王志均，陈孟勤主编：《中国生理学史》，北京：北京医科大学，中国协和医科大学联合出版，1993。

（季楚卿）

《静生生物调查所汇报》（*Bulletin of the Fan Memorial Institute of Biology*）

《静生生物调查所汇报》创刊于1929年，为不定期的英文版学术刊物，附有中文提要。它对中国近代生物学的发展有重要影响。

《汇报》在初期为动物学与植物学合刊，自1934年第5卷起，动物学与植物学分别出版，但卷号连续不变。1940年，动物学与植物学两方面各出版至第10卷后停刊。1943年7月，《静生生物调查所汇报》新1卷第1号在江西省泰和县杏岭村出版。胡先骕在新1卷发刊词中，向国内外宣告，静生生物调查所在北平的一切资产被日本侵略军掠夺损失了，但调查所没有停止工作。《汇报》新1卷在6年中只出版了3期，在1949年9月第3号出版后停刊。

《静生生物调查所汇报》共刊发了国内外生物学家68人的论文269篇，主要侧重于动

植物分类学与形态学的研究成果，例如：秦仁昌与胡先骕的“中国蕨类植物图谱”被公认为是东亚研究蕨类植物的最重要的图谱；胡先骕与郑万钧“水杉新科及生存之水杉新种”为在中国发现的活化石定名，震动了国际植物学界。

（薛攀皋）

《中华海产生物学会年刊》（*Annual Report of Marine Biological Association of China*）

《中华海产生物学会年刊》是中华海产生物学会主办的刊物。中华海产生物学会的主要活动是利用每年暑假，组织国内生物学家包括在华工作的外籍生物学家，在厦门进行一次为期数星期的海产生物调查，并共同研究一些生物学问题。《年刊》记载了一年一度的调查活动，同时发表会员的调查报告或研究论文。

《年刊》第1期于1932年8月出版，1933年和1934年先后出版了第2期和第3期。第1期《年刊》共两集。第一集是会务记录，包括中华海产生物学会略史、生物暑期研究会（厦门大会主办的）主任报告、第一届暑期生物调查工作主任报告、中华海产生物学会会章、学会职员录等。第二集为研究报告，主要是会员参加暑期海产生物调查的工作报告，例如厦门的棘皮动物、蠕虫类动物，厦门附近文昌鱼产区的状况，厦门蚊科之分类及其生活习性，厦门脊椎动物血内的寄生原生动物等，还有福建省的动物种名录、两栖及爬行动物种名录等。以后各期《年刊》的基本格局均如此，但有的调查研究工作不属于海产生物范围。

（薛攀皋）

《中山大学农林植物研究所专刊》（*Sunyatsenia*）

《中山大学农林植物研究所专刊》又称《中山专刊》，是以孙中山先生为刊名的英文植物学学术刊物，由植物学家陈焕镛创办。该刊1930年创刊发行时，是中国国内第一份出版纯植物学的英文版学报。其学术水平堪与国外同类刊物齐名，在国内外享有很好声誉。

专刊自创刊起至1948年，共出版7卷26期，发表调查报告、研究论文60多篇，大多是中山大学农林植物研究所研究人员有关广东、广西、海南及其邻近地区的植物调查报告和专科专属的植物分类学研究论文。专刊也刊登所外人员的论文。1940年该刊第5卷发表静生生物调查所秦仁昌的论文“水龙骨科的自然分类”，引起各国蕨类学家的高度赞赏。秦仁昌在云南丽江极其困难的条件下，深入研究，把蕨类植物中最大的一科水龙骨科，以自己创立的自然系统代替传统的分类方法，将之分为33科249属，实现了世界蕨类植物分类学发展史上的重大突破。陈焕镛发表的有关银杉属和观光木属研究论文，在植物分类学上有重要意义，尤其前者为罕见的孑遗裸子植物，被称为“活化石”，引起各国学者的普遍重视和承认。

（薛攀皋）

《国立北平研究院植物学研究所丛刊》（*Contributions from the Institute of Botany, National Academy of Peiping*）

国立北平研究院植物学研究所创建于1929年。该丛刊创刊于1931年，共出版了5卷33期，至1937年由于日寇侵华，北平陷落，丛刊发行到第5卷第1期后被迫停刊。该丛刊主编为刘慎谔，主要发表高等植物及真菌学的分类学研究成果及地区性植物名录。文章用外文发表，并附有中文摘要，有的还附有

精致的绘图或照片。刘慎谔、林镕、郝景盛、夏纬瑛、汪发缵、唐进等分类学家在此发表了大量文章。1937年后研究所搬迁到陕西武功，两年后一部分人员又搬到云南昆明。在这两个地方，科学家又做了大量工作，采集了大量中国西部，特别是西南和西北部的植物标本，其中以陕西和云南为主。由于出版困难等种种原因，丛刊于1949年3月才复刊为季刊，从第6卷第1期开始，到第4期因机构调整等原因而停刊。

（薛攀皋）

《昆虫与植病》（*Entomology & Phytopathology*）

《昆虫与植病》是中文旬刊，由浙江省昆虫局创办于1933年，是中国人自己创办的第一份昆虫学期刊。

1924年，浙江省螟虫害猖獗。该省实业厅仿江苏省筹设昆虫局于嘉兴，进行螟虫防治的研究与推广工作。浙江省昆虫局于1924年4月4日成立。1928年夏，浙江省建设厅以治虫为农业建设之要图，将昆虫局迁到杭州，加大经费和研究力量的投入，把该局办成一个既重推广又重研究的综合性昆虫学机构。1930年9月，该局改名为浙江省植物病虫害防治局，1932年又恢复原名为浙江省昆虫局，昆虫学家张巨伯为局长。次年，创办《昆虫与植病》旬刊。早期中国昆虫学论文约有半数发表于该刊 。抗日战争爆发后，该局人员大部转到四川农业实验所虫害系。《昆虫与植病》出版180期后停刊。

（薛攀皋）

《中国植物学杂志》（*The Journal of the Botanical Society of China*）

《中国植物学杂志》是由中国植物学会编行的一份刊物，创刊于1934年3月，当时为季刊。创刊号上由中国植物学会总编辑、静生生物调查所所长胡先骕写发刊辞。发刊辞中详细描述了当时植物学在中国的发展情况以及办刊的目的及内容。文中提出中国植物学研究甚为发达，专研植物分类学的研究所有四所，分类学家皆能独立研究不依赖国外专家。特别是蕨类植物研究已驾多数欧美学者之上。形态学、生理学、细胞学也有卓越贡献，进步有一日千里之势。但普及方面还很不够，中等学校植物学教学与设备甚差，社会对植物学仍表示冷淡，在农林园艺界也未传播；专门论文又以外文发表于专门刊物上，一般人见不到，专家研究成果对社会无影响。因此要办一个半通俗式的刊物。刊物内容为：最近植物学各门之进步；专门论文（半通俗式）；世界植物学家小传；国内外植物学界新闻；植物采集游记；植物学试验与教授方法；书报介绍；国内外研究论文节要；杂俎；植物学问答；会务报告。该杂志每期附有一幅精致的彩色绘图，但1937年3月出版第4卷第1期后，因日寇侵华而停刊。1949年暑间中国植物学会复会后，《中国植物学杂志》也得到恢复，汪振儒任总编辑。但到1951年第5卷第3期出版后因种种原因而停刊。

（钱迎倩）

Sinensia

原为中央研究院自然历史博物馆以外文发表动植物分类学研究成果的学术刊物，中文刊名为《国立中央研究院自然历史博物馆丛刊》，创刊于1929年9月，初为不定期刊，出满12号为1卷。1931年起每年出版1卷。随着机构的演变，该刊中文刊名几度更换，而外文刊名一直不变。

1934年，自然历史博物馆改组成动植物研究所，*Sinensia* 的中文刊名改为《国立中央研究院动植物研究所丛刊》，卷号顺延不变。

1944年3月，动植物研究所分建成动物和植物两个研究所。植物所于1947年另行创办《国立中央研究院植物研究所汇报》和《年报》，与*Sinensia*脱钩。动物所则续办*Sinensia*，改中文刊名为《国立中央研究院动物研究所丛刊》，直到1949年，共出版19卷。动物所成立后，研究工作从单一的分类学扩展到鱼类生物学、昆虫学、寄生虫学、原生动物学、海洋湖沼学与实验动物学，丛刊内容也随之扩展。太平洋战争爆发后，民办的中国科学社生物研究所和静生生物调查所经费困难，刊物停办，北研动物学所丛刊自抗日战争爆发后停刊，直到1948年才复刊，只有*Sinensia*正常出版，直至新中国成立，是当时中国最重要的动物学学术刊物。

（薛攀皋）

《中国植物学会汇报》（*Bulletin of the Chinese Botanical Society*）

该刊物是由中国植物学会出版的西文刊物，总编辑为当时在北平清华大学生物学系工作的李继侗。1935年创刊，为半年刊。总共出版了2卷4期，1937年因日寇侵华停刊。

该刊物内容涉及植物学各分支领域，全部用外文（主要是英文）写作，每期附有插图或照片。在每一期的最后部分都有上百篇或百篇以上的发表在国内其他刊物上的植物学各分支学科文章的较详的英文摘要，显然这是向国外介绍中国植物学进展的一本刊物。

（钱迎倩）

《中国实验生物学杂志》（*Chinese Journal of Experimental Biology*）

1935年，植物学家、生理学家罗宗洛与实验胚胎学家童第周、朱洗，实验动物学家贝时璋等，为倡导在中国用实验方法研究生物学，并便于进行国际学术交流，发起创办《中国实验生物学杂志》（英文版），刊登国内学者在植物生理学和实验生物学等方面的研究报告。罗宗洛任主编。第一卷发行于1936年。出版4期后，因抗日战争爆发，经济困难停刊。1942～1945年间，罗宗洛又设法在福建印刷出版第2卷第1期。新中国成立后，该刊继续出版，1954年12月改名为《实验生物学报》。

（季楚卿）

生物学期刊（1949年后）（Biological Periodicals after 1949）

1949年以来，我国刊载有关生物学的公开出版物有百余种，一些重要刊物按创刊年份排列如下（括弧内为主办者和刊期）：

1927年：《生理学报》（中国科学院上海生理研究所，双月刊）。

1935年：《动物学报》（原名《中国动物学杂志》，1950年改现名，中国动物学会，季刊）。

1936年：《实验生物学报》（原名《中国实验生物学杂志》，1954年改现名，中国细胞生物学会，季刊）。

1950年：《昆虫学报》（原名《中国昆虫学报》，1952年改现名，季刊），《中国科学》（B辑）（《中国科学》编委会，月刊），《科学通报》（《科学通报》编委会，半月刊）。

1951年：《植物分类学报》（中国植物学会，双月刊），《植物生理学通讯》（中国植物生理学会主办，双月刊）。

1952年：《植物学报》（中国植物学会，双月刊），《生物学通报》（北京师范大学生物学系，月刊）。

1953年：《药学学报》（中国药学会，月刊），《解剖学报》（中国解剖学会，季刊），《微生物学报》（中国微生物学会，季刊），

《古生物学报》(中国古生物学会，双月刊)。

1955 年:《植物生态学与地植物学学报》(中国植物学会，季刊)，《昆虫知识》(中国昆虫学会，双月刊)，《水生生物学报》(原名《水生生物学集刊》，中国科学院水生生物研究所，季刊)，《植物生态学报》(中国植物学会、中国科学院植物研究所，双月刊)。

1956 年:《植物病理学报》(中国病理学会，季刊)。

1957 年:《动物学杂志》(中国动物学会，双月刊)，《古脊椎动物学报》(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，季刊)。

1959 年:《植物研究》(原名《东北林学院植物研究室汇刊》，1981 年改现名，《植物研究》编辑部，季刊)。

1961 年：《生物化学与生物物理学报》(中国科学院上海生物化学研究所，双月刊)。

1963 年:《植物保护》(中国植物保护学会，双月刊)。

1964 年:《植物生理学报》(中国植物生理学会，季刊)，《动物分类学报》(中国动物学会、中国昆虫学会，季刊)。

1972 年:《化石》(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，季刊)。

1973 年:《植物保护学报》(中国植物保护学会，季刊)，《微生物免疫学》(兰州生物制品研究所，季刊)。

1974 年:《植物杂志》(原名《植物学杂志》，1977 年改现名，中国植物学会，双月刊)，《微生物学通报》(中国微生物学会，双月刊)，《生物化学与生物物理进展》(中国科学院生物物理研究所，双月刊)，《遗传学报》(中国遗传学会、中国科学院遗传研究所，双月刊)。

1975 年:《广西植物》(原名《植物研究通讯》，1980 年改现名，广西植物学会，季刊)。

1976 年:《生物工程进展》(中国生物工程学会等，双月刊)。

1979 年:《云南植物研究》(中国科学院昆明植物所，季刊)，《两栖爬行动物学报》(中国科学院成都生物研究所，季刊)，《野生动物》(原名《野生动物保护和利用》，1981 年改现名，哈尔滨东北林业大学，双月刊)，《遗传》(中国遗传学会，双月刊)，《细胞生物学杂志》(中国细胞生物学学会，季刊)。

1980 年:《中国药理学报》(中国药理学会，双月刊)，《动物学研究》(中国科学院昆明动物所，季刊)，《生命的化学》(原名《生物化学通讯》，1981 年改现名，中国生物化学与分子生物学学会，双月刊)。

1981 年:《西北植物学报》(原名《西北植物研究》，1984 年改现名，陕西省植物学会，季刊)，《兽类学报》(中国兽类学会、中国科学院西北高原生物研究所，季刊)，《上海实验动物科学》(上海市畜牧资源医学会，季刊)。

1982 年:《四川动物》(中国野生动物保护协会四川分会、四川省动物学会，季刊)，《真菌学报》(中国微生物学会，季刊)，《中国生物医学工程学报》(中国生物医学工程学会，季刊)，《中国野生植物资源》(中华全国供销合作总社、南京野生植物研究所，季刊)。

1983 年:《武汉植物学研究》(湖北武汉市植物学会，季刊)，《菌物系统》(中国菌物学会、中国科学院微生物研究所，季刊)。

1984 年:《微体古生物学报》(中国古生物学会，季刊)，《动物科学与医学》(天津市畜牧局，双月刊)。

1985 年:《中国生物化学与分子生物学学报》(原名《生物化学杂志》，1998 年改现名，中国生物化学与分子生物学学会，双月刊)，《生物物理学报》(中国生物物理学会，

季刊)，《生物防治通报》(中国农业科学院生物防治研究室，季刊)，《生物工程学报》(中国微生物学会，季刊)，《生物技术通报》(中国农业科学院生物技术研究所，双月刊)。

1986 年:《生物数学学报》(安徽农学院，季刊)，《生态学报》(中国生态学会，季刊)。

1989 年:《生物技术通讯》(军事医学科学院生物工程研究所，双月刊)。

1991 年:《中国组织化学与细胞化学》(中国解剖学会，季刊)。

1992 年:《植物资源与环境学报》(江苏省中国科学植物所，季刊)。

1993 年:《热带亚热带植物学报》(中国科学院华南植物所、广东省植物学会，季刊)，《生物多样性》(中国科学院生物多样性委员会，季刊)。

1999 年:《中国生物圈》(中国人与生物圈国家委员会，不定期)。

此外，还有《生命科学》(中国科学院上海文献情报中心，双月刊)，《高技术通讯》(科技部“863”计划联合办公室，月刊)，《生物学杂志》(安徽省生物研究所，双月刊)，《生物技术》(黑龙江应用微生物所，双月刊)和《中国动物保健》(中国乡镇企业协会，月刊)等。

(张树庸)

20 世纪中国生物学研究大事年表

(A Chronological list of main events on Biology studies in China during 20th Century)

1900～1920 年　中国近代高等学校生物教学及人才培养开始于1902 年京师大学堂师范馆。1908 年后武昌、南京、成都和沈阳等地也先后成立了高等师范学校。

1908 年　中国第一家现代动物园为“万牲园”，1955 年改名为北京动物园。

1915 年　胡先骕在《科学》杂志第一卷发表的“菌类鉴别法”及1921 年的“浙江、江西两省真菌采集杂记”和“说竹荪”是近代真菌分类的最早著述。

1916 年　钱崇澍等在 *Botanical Gazette* 63 卷上发表“钡、锶及铈对水绵的特殊作用”，系中国学者首次在国际植物学刊物上发表的首篇植物生理学文章。

1917 年　钟观光开始历时四年到中国十一个省做植物野外考察，以“十一个省旅行采集记”为题写下 10 余篇文章。

1921 年　秉志在南京高等师范学校建立中国第一个生物学系。

1922 年　钱崇澍、邹秉文及胡先骕合编的《高等植物学》，是我国的第一本植物学大学教科书。

秉志、胡先骕等在南京创办中国科学社生物研究所，该研究所是中国第一个生物学研究机构。

周赞衡在《中国地质学会报》上发表的“山东莱阳中生代晚期的植物印痕化石”是第一篇植物化石研究论文。

1923 年　薛德育编著《近世动物学》上、下两册，这是第一部大学层次的动物学著作。

1926 年　中国生理学会成立。

1927 年　在北京周口店首次发现猿人化石，1929 年裴文中发现一个完整的北京猿人头盖骨。

钟观光在杭州笕桥筹建中国第一个植物园。

《中国生理学杂志》（英文版）创刊。

1928 年　由范源濂（字静生）创办的北平静生生物调查所成立。1929 年创刊《静生生物调查所汇报》。

1929 年　国立北平研究院建立植物研究所。

吴宪在国际上首次提出“蛋白质变性理论”。

李继侗和殷宏章发现光变化对光合速率的瞬时效应。

1930 年　秦仁昌编写的《中国蕨类植物志（初稿）》第一卷出版，全书共五卷，为中国现代蕨类植物分类学研究奠定基础。

1932 年　沈嘉瑞的《华北蟹类志》，是至今还为国内外学者引用的甲壳动物学研究的第一部专著。

1932～1936 年　部分生理学家同分类学家、形态学家进行争论。焦点是部分生理学家认为中国太偏重分类学、形态学，是学术落后的表现。

1933 年　罗宗洛在中央大学开始进行植物组织培养的开创性研究。

中国植物学会在重庆北碚成立，

1934 年创办《中国植物学杂志》。

罗广庭提出生物可以不依赖“种子”也能自然发生理论，于当年在广州召开有关生物自然发生说的公开辩论和重复实验，结果以失败告终。

1934 年　中央研究院动植物研究所成立，由中央研究院自然历史博物馆改名而来。

中国动物学会成立，并创办《中国动物学杂志》。

1935 年　王启无撰写的“关于中国苔藓植物之研究及其文献”是中国学者第一篇有关苔藓植物的研究总结。

朱彦丞撰写的“中国地衣初步研究”是中国近代第一篇有关地衣的报道。

1936 年　罗宗洛主编的外文版《中国实验生物学杂志》创刊。

寿振黄出版《河北鸟类志》（英文）上、下两册。

1937～1940 年　张锡钧领导的研究组通过一系列实验，提出“迷走神经与大脑垂体后叶反射学说”。

1940 年　秦仁昌发表“水龙骨科的自然分类”，创立了一个新的自然系统来代替传统分类方法，是一个巨大突破。

1941 年　干铎于四川万县发现的，后由胡先骕和郑万钧定名的活化石水杉，震动国际植物学界。

胡经甫专著《中国昆虫名录》出版，是中国第一部昆虫学巨著。

1946 年　谈家桢发现亚洲异色瓢虫色斑遗传中的嵌镶显性现象。

1951 年　中国菌种保藏委员会成立，汤飞凡任主任，方心芳任秘书。

中国开始对西藏进行综合考察，25 年间进行了十多次综合考察，出版大量专著。此后，全国开展大量综合考察工作。

朱洗等将印度的蓖麻蚕引进中国，引种驯化成功。

1954 年　胡先骕撰写的《植物分类学简编》出版，该书批判了李森科关于生物种的见解，胡本人因此而遭批判。事后胡先骕得以平反。

1955 年　活化石银杉由钟济新采集，由陈焕镛和匡可任定名。

杨钟健发表专著《脊椎动物的演化》，是我国首部全面、系统阐述古脊椎动物和古人类的著作。

中国科学院生物学部成立。

1956 年　召开具有历史意义的“青岛遗传学座谈会”。

中国建立位于广东肇庆的第一个自然保护区——鼎湖山自然保护区，1979 年被纳入联合国教科文组织世界生物圈保护区网络。

汤飞凡和张晓楼首次在国际上分离出沙眼病原体。

1958 年　朱洗等推广家鱼人工繁殖，促进我国淡水养殖业的蓬勃发展。

1959 年　第一本《中国植物志》出版，即秦仁昌等编写的第二卷蕨类植物。

由陈世骧主编的《中国动物图谱》从1959～1980 年先后共出版24 册。

1960 年　从1960～1979 年陆续出版的《中国经济动物志》，可视为我国经济动物百科全书。

1961 年　刘承钊和胡淑琴合著的《中国无尾两栖类》，对该学科有很大的参考价值。

1962 年　邹冈发现吗啡的镇痛部位。

1963 年　我国生物学学科 10 年（1963～1972）发展规划制定。

1964 年　在陕西蓝田县发现蓝田猿人头盖骨，比周口店北京猿人更早，距今已五六十万年。

1965 年　《中国高等植物图鉴》从1965～1977 年先后共出版5 册。

牛胰岛素人工全合成的成功，标志着我国在世界上第一次人工合成蛋白质。

1970 年　70 年代，中国科学院有关研究所率先研究花药培养及单倍体育种，研究成果在国际上占有重要地位；并率先开展原生质体培养研究，得到一批具国际先进水平的成果。

1972 年　屠呦呦等发明创新药物青蒿素，这是抗疟药物研究史上的新突破。

1974 年　尹光琳等发明维生素C 的二步发酵生产法。

1981 年　人工全合成酵母丙氨酸转移核糖核酸获得成功。

中国加入《濒危野生动植物种国际贸易公约》。

1983 年　尹文英提出原尾虫系统发生的新概念。

1984 年　侯学煜的《生态学与大农业发展》出版，为中国农业发展做出重大贡献。

1985 年　朱作言等从1985 年起，开展转基因鱼研究，1989 年建立世界上第一个转基因鱼模型。

1986 年　国家自然科学基金会成立，下设有生物学部，1989 年更名为国家自然科学基金会生命科学部，运用科学基金指导、协调和资助全国的基础性研究。

1987 年　国家“863”高技术计划的生物技术领域正式启动。

1992 年　在北京召开第19 届国际昆虫学大会。

中国科学院在上海成立国家基因研究中心。国家科委宣布实施“中国水稻基因组计划”。

中国科学院生物多样性委员会成立，开创了生物多样性科学在中国的研究。

1994 年　中国启动“人类基因组计划”。

1995 年　1995 年以来，我国科学家在脊椎动物起源和早期演化方面取得突破性成果。

1996 年　傅立国主编的《中国植物红皮书》出版。

1998 年　汪松任主编的《中国濒危动物红皮书》四卷陆续出版。

1998 年以来，我国科学家在动物多样性起源方面取得突破性发现。

中国科学院组织29 个生态系统定位站建立中国生态系统研究网络，成为全球生态、资源、环境监测和研究系统的一个组成部分。

在北京召开第18 届国际遗传学大会。复旦大学赵寿元当选新一届国际遗传学会理事长。

1999 年　我国被正式接纳加入国际人类基因组研究合作计划。

2000 年　《中国植物志》编写完成。

条目汉语拼音索引

说　　明

一、本索引供读者按条目的汉语拼音查检条目。

二、条目标题按第一字的汉语拼音字母的顺序并辅以汉字笔画、起笔笔形顺序排列。同音时按汉字笔画由少到多的顺序排列，笔画数相同的字按起笔形一（横）、丨（竖）、丿（撇）、丶（点）、乙（折，包括亅𠃍乚𡿨等）的顺序排列。第一字相同的，按第二字，余类推。

E

F

G

H

J

T

W

X

Y

Z

条目汉字笔画索引

说　明

一、本索引供读者按条目的汉字笔画查检条目。

二、条目标题按第一字的笔画由少到多的顺序排列，笔画数相同的字按起笔形一（横）、丨（竖）、丿（撇）、丶（点）、乙（折，包括亅㇆乚㇛等）的顺序排列。第一字相同的，依次按后面各字的笔画数和起笔笔形顺序排列。

一画

二画

三画

四画

五画

六画

七画

八画

九画

十画

十一画

十二画

十三画

十四画

十五画以上

Keyword Index of Entry

（条目外文关键词索引）

说　明

一、本索引是本卷部分条目的外文标题。

二、本索引按条目外文标题的拉丁字母顺序排列。中国人名的条目标题，一律用汉语拼音字母。其他非拉丁文字国家的人名按各国法定的或惯用的拉丁字母拼法。

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

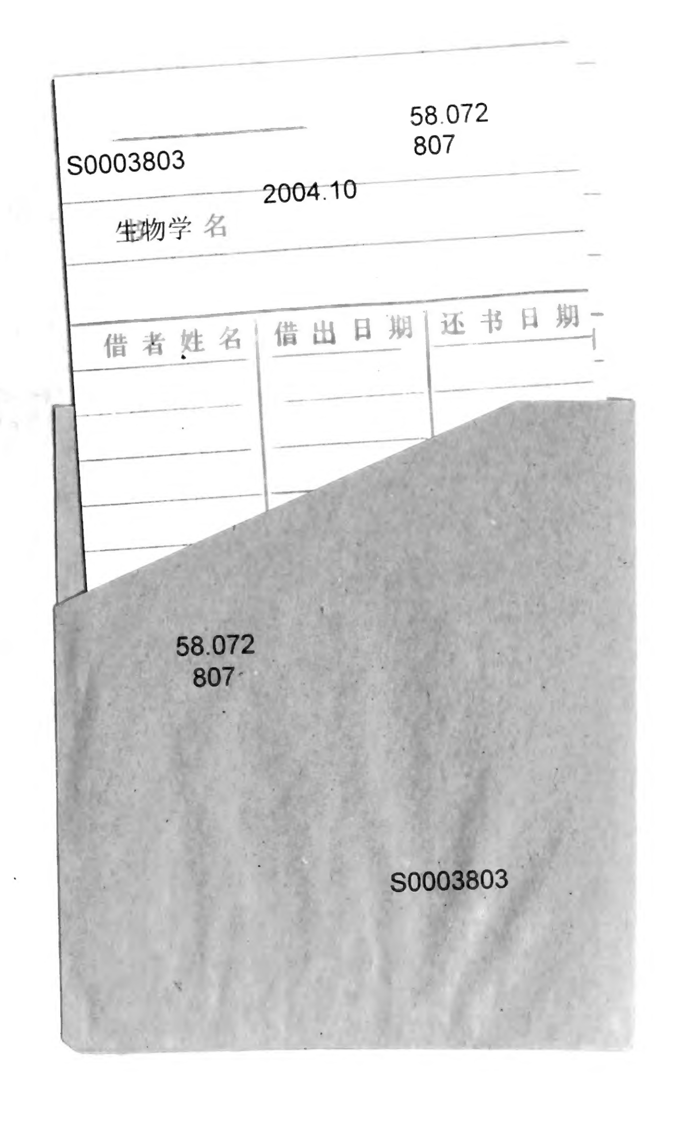
W

X

Y

Z




58.072
807
S0003803
2004.10
生物学 名
借者姓名
借出日期
还书日期
58.072
807
S0003803

ISBN 7-5333-1386-6
Z·105 定价:168.00元